This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

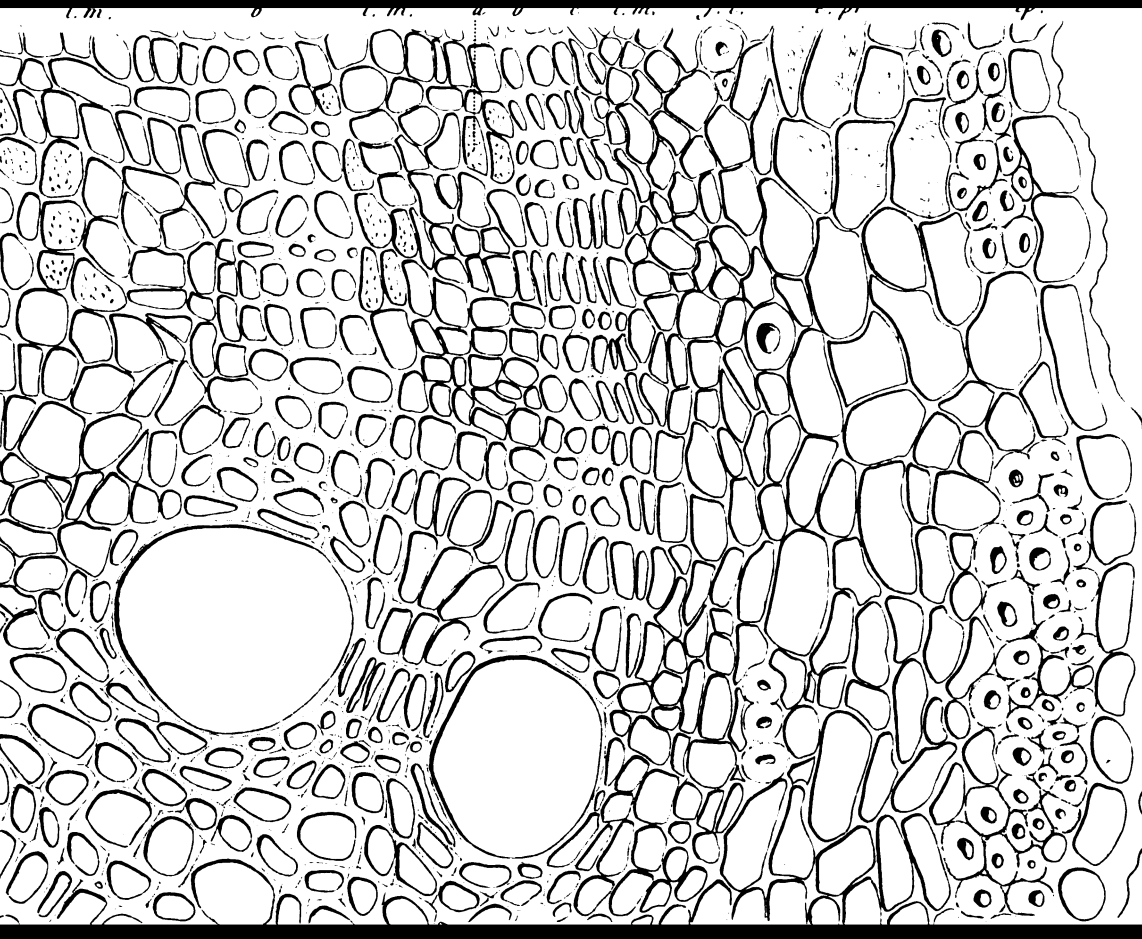
+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`



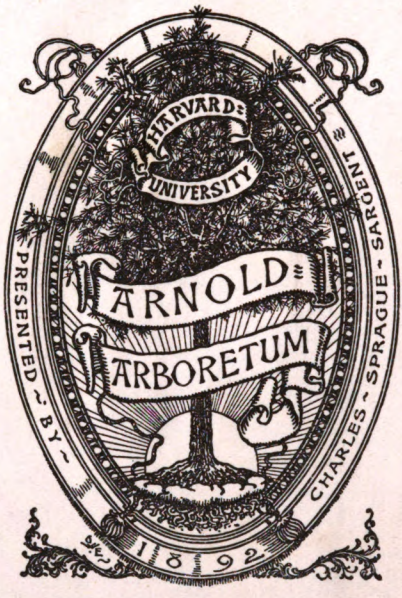
Mémoire sur l'anatomie comparée de l'écorce

Julien Vesque

Digitized by Google

3 2044 106 322 076

E
V63.3
m



Digitized by Google

243

Digitized by Google

Digitized by Google

SÉRIE A. N° 19

N° D'ORDRE

370

THÈSES

PRÉSENTÉES

A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE PARIS

POUR OBTENIR

LE GRADE DE DOCTEUR ÈS SCIENCES NATURELLES

PAR

JULIEN VESQUE

Préparateur de culture au Muséum d'histoire naturelle

1re THÈSE. — MÉMOIRE SUR L'ANATOMIE COMPARÉE DE L'ÉCORCE.

2e THÈSE. — PROPOSITIONS DONNÉES PAR LA FACULTÉ.

Soutenues le ~~février~~ **mai 1876 devant la Commission d'examen.**

MM. MILNE EDWARDS — *Président.*
DUCHARTRE, HÉBERT — *Examinateurs.*

PARIS

G. MASSON, ÉDITEUR

LIBRAIRE DE L'ACADÉMIE DE MÉDECINE

PLACE DE L'ÉCOLE-DE-MÉDECINE

1876

Digitized by Google

Digitized by Google

SÉRIE A. N° 19
N° D'ORDRE
370

THÈSES

PRÉSENTÉES

A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE PARIS

POUR OBTENIR

LE GRADE DE DOCTEUR ÈS SCIENCES NATURELLES

PAR

JULIEN VESQUE
Préparateur de culture au Muséum d'histoire naturelle

1re THÈSE. — MÉMOIRE SUR L'ANATOMIE COMPARÉE DE L'ÉCORCE.

2e THÈSE. — PROPOSITIONS DONNÉES PAR LA FACULTÉ.

Soutenues le 5 mai février 1876 devant la Commission d'examen.

MM. MILNE EDWARDS — *Président.*
DUCHARTRE, HÉBERT — *Examinateurs.*

PARIS
G. MASSON, ÉDITEUR
LIBRAIRE DE L'ACADÉMIE DE MÉDECINE
PLACE DE L'ÉCOLE-DE-MÉDECINE
1876

Digitized by Google

ACADÉMIE DE PARIS

FACULTÉ DES SCIENCES DE PARIS

Doyen	MILNE EDWARDS, Professeur.	Zoologie, Anatomie, Physiologie comparée.
Professeurs honoraires	DUMAS.	
	BALARD.	
	PASTEUR.	
Professeurs	DELAFOSSE	Minéralogie.
	CHASLES	Géométrie supérieure.
	LE VERRIER	Astronomie.
	P. DESAINS	Physique.
	LIOUVILLE	Mécanique rationelle.
	PUISEUX	Astronomie.
	HÉBERT	Géologie.
	DUCHARTRE	Botanique.
	JAMIN	Physique.
	SERRET	Calcul différentiel et intégral.
	H. SAINTE-CLAIRE DEVILLE	Chimie.
	DE LACAZE-DUTHIERS	Zoologie, Anatomie, Physiologie comparée.
	BERT	Physiologie.
	HERMITE	Algèbre supérieure.
	BRIOT	Calcul des probabilités, Physiq. mathématiq.
	BOUQUET	Mécanique physique et expérimentale.
	TROOST	Chimie.
	WURTZ	Chimie organique.
Agrégés	BERTRAND	Sciences mathématiq.
	J. VIEILLE	Sciences mathématiq.
	PELIGOT	Sciences physiques.
Secrétaire	PHILIPPON.	

Digitized by Google

A

M. J. DECAISNE

MEMBRE DE L'INSTITUT

Hommage de respectueuse reconnaissance.

Digitized by Google

May 1911
24202

Digitized by Google

PREMIÈRE THÈSE

MÉMOIRE

SUR

L'ANATOMIE COMPARÉE DE L'ÉCORCE

Le faisceau fibro-vasculaire de la tige des Dicotylédonées est ordinairement composé de deux parties : le bois à l'intérieur et le liber à l'extérieur. Les faisceaux sont disposés en cercle au milieu d'un tissu parenchymateux qui les environne de toutes parts, et qui porte le nom de *parenchyme fondamental*. Le liber et le bois des faisceaux sont séparés par une couche d'un tissu très-délicat, dont les longues cellules ont le pouvoir de se diviser, et de former ainsi à l'intérieur de nouveaux éléments ligneux, à l'extérieur de nouveaux éléments libériens ; ce tissu porte le nom de *cambium*, et il se transmet d'un faisceau au faisceau voisin, à travers le parenchyme fondamental, dans lequel il interpose le nombre de cellules suffisant pour que ce tissu puisse suivre l'extension des faisceaux. La partie du parenchyme fondamental en dehors du liber s'appelle l'*écorce primaire*, celle qui se trouve à l'intérieur des faisceaux est la *moelle*, et les lames parenchymateuses qui rejoignent la moelle à l'écorce primaire sont les *rayons médullaires primaires*.

Les couches secondaires des faisceaux se divisent à leur tour radialement par des rayons médullaires secondaires.

On appelle l'*écorce*, dans les Dicotylédonées, toute la somme de tissus situés en dehors du cylindre cambial. L'écorce se compose donc : 1° de l'épiderme, qui recouvre le tout ; 2° de l'écorce primaire tout entière ; 3° d'une partie de tous les rayons médul-

Digitized by Google

laires primaires; 4° de la partie libérienne des faisceaux fibro-vasculaires extérieure au cambium.

Ce mémoire se divise ainsi naturellement de la manière suivante :

Historique.

Introduction.

Chapitre Premier. — L'épiderme.
Épiderme persistant.

Chapitre II. — L'écorce primaire.
I. Définition.
II. Structure générale.
III. Étude des éléments qui la composent.
A. Cellules parenchymateuses.
B. Cellules de collenchyme.
C. Cellules cristalligènes.
D. Cellules laticifères.
E. Cellules scléreuses.
F. Cellules à tannin.
G. Fibres (libriformes).
H. Lacunes à gomme.
I. Glandes résinifères et oléifères.
IV. De différentes modifications que subit l'écorce primaire par les progrès de l'âge.
La gaîne protectrice.
Annexe à l'écorce primaire : les rayons médullaires primaires.

Chapitre III. — Le liber en général; sa position.
Liber situé ailleurs que dans l'écorce.

Chapitre IV. — Le liber extérieur.
I. Définition.
II. Ses éléments.
A 1. Fibres libériennes.
A 2. Cellules grillagées.
A 3. Parenchyme libérien.
A 4. Cellules cristalligènes libériennes.
B 1-2. Laticifères et cellules sécrétrices de diverse nature.
B 3. Glandes résinifères et oléifères du liber.
B 4. Lacunes à gomme.
C 1. Sclérification.
C 2. Parenchyme et prosenchyme corné.
Annexe au liber : rayons médullaires secondaires.

Digitized by Google

CHAPITRE V. — La décortication.
I. Absence de décortication.
II. Le suber.
III. Sa formation.
IV. Anatomie du suber.
V. Sa position.
VI. Péridermes secondaires, rhytidome.

HISTORIQUE.

Malpighi (*Anatome plantarum*, Londini, 1686) distinguait dans l'écorce une cuticule (épiderme), une couche d'utricules vertes, des fibres formant des réseaux superposés, séparés par des couches d'un parenchyme semblable à la couche verte, et des rangées de cellules allongées dans le sens radial, et traversant les mailles des réseaux libériens. Il pensait que les écailles mortes, qu'on trouve sur les vieux troncs, étaient dues à la rupture de la cuticule, à la mort et à la dessiccation de la couche utriculaire placée au-dessous.

Nehemiah Grew (*the Anatomy of Plants*, London, 1682) divise l'écorce en deux parties, « *the skin* » (épiderme) et « *the main body* ». L'épiderme est composé de petites cellules qui meurent, et disparaissent à un certain âge ; il est souvent renforcé par des fibres lignifiées ou des vaisseaux longitudinaux, auxquels s'ajoutent quelquefois des fibres transversales. Le *main body* consiste en deux parties : le parenchyme et les vaisseaux. Le parenchyme résulte de l'union d'une quantité innombrable de cellules (*bladders*) semblables à celles de l'épiderme, mais plus grandes et plus rondes. Les vaisseaux placés toujours à la partie interne de l'écorce contiennent du suc, et sont réunis de manière à constituer des réseaux.

Duhamel (*la Physique des arbres*, Paris, 1758) divise l'écorce en trois parties : l'épiderme, l'enveloppe cellulaire et les couches corticales. L'épiderme est une membrane mince, sèche et aride, qui recouvre l'écorce aussi bien que les feuilles, les fleurs et les fruits. Il est tantôt simple, comme sur les jeunes rameaux, tantôt multiple, comme sur le Bouleau. Sur les vieux troncs, il ne se

Digitized by Google

trouve plus que par lambeaux morts et desséchés, à cause de l'accroissement en diamètre du tronc que l'épiderme ne peut pas suivre. Il confondait évidemment sous ce nom le véritable épiderme, qui recouvre les jeunes rameaux et les couches péridermiques qui le remplacent plus tard. Quant à l'anatomie de cette partie de l'écorce, Duhamel a de la peine à croire qu'elle consiste en utricules, comme le pensaient Malpighi et Grew; mais il la croit plutôt formée par une simple membrane. Duhamel appelle enveloppe cellulaire la couche verte succulente qui se trouve au-dessous de l'épiderme; il dit qu'elle est composée de cellules, et que son tissu est semblable à celui de la moelle; elle sert à prévenir le desséchement des parties qu'elle recouvre et à réparer l'épiderme. Les couches corticales se composent : 1° de vaisseaux lymphatiques réunis en fibres, dont l'ensemble forme les réseaux libériens; 2° de tissu cellulaire remplissant les mailles des réseaux de fibres, et s'étendant du bois à l'enveloppe cellulaire; 3° de vaisseaux propres, parmi lesquels il compte les vaisseaux qui portent encore ce nom, et les glandes résinifères allongées.

Hill (*the Construction of Timber*, Lond., 1774) trouve l'épiderme semblable au parenchyme; il croit qu'il en est une production occasionnée par le racornissement que l'air opère en le desséchant.

Pour Senebier (*Physiologie végétale*, Genève), l'épiderme est une membrane fine, qui recouvre déjà le germe avant qu'il soi fécondé, et qui ne fait que s'étendre pendant que la plante croît; il admet comme Duhamel, et contrairement à ce que pensaient Malpighi et Grew, que sa dilatabilité était incompatible avec la structure utriculaire qu'admettaient ces deux auteurs.

Link ne distingue pas l'épiderme des couches plus profondes; il dit que la partie extérieure de l'enveloppe herbacée se dessèche, et forme une croûte brune qui se divise et tombe.

Treviranus distingue : 1° l'enveloppe herbacée, dont la rangée extérieure constitue l'épiderme; 2° le liber; 3° une couche voisine de l'aubier qui se transforme en aubier.

Digitized by Google

Du Petit-Thouars (*Essais sur la végétation*, 5e essai, 1809) trouve sur une branche de Tilleul ou de Marronnier un épiderme consistant en une peau membraneuse et sèche; puis le parenchyme qui s'enlève facilement, et laisse voir une couche sèche, blanche, formée de petits grains. Ce tissu se transforme en parenchyme qui remplace l'ancien; celui-ci se dessèche, et forme une nouvelle couche d'épiderme. Mais ces phénomènes de transformation ne s'observent bien que sur ces plantes; dans d'autres arbres où l'on peut encore les rencontrer, ils sont cependant déjà déguisés.

Sprengel (*Von dem Bau und der Natur der Gewächse*) distingue le véritable épiderme des parties herbacées de l'épiderme sec, grisâtre, qui recouvre les branches âgées.

Mirbel, dans ses *Éléments de physiologie végétale et de botanique* qui ont paru en 1815, décrit dans l'écorce des arbres : 1° Une enveloppe herbacée, tissu cellulaire plus ou moins régulier, à cellules remplies d'une matière résineuse plus ou moins verte; cette enveloppe herbacée se dessèche, se fend, s'use à la superficie, et se renouvelle intérieurement. 2° Les couches corticales formées de plusieurs réseaux de cellules allongées superposées les uns aux autres; elles sont produites par les couches les plus extérieures du liber. 3° Le liber. Il est pour ainsi dire une herbe vivace, qui revêt la superficie du corps ligneux des arbres et arbrisseaux dicotylédons. Il est formé d'un plexus de cellules allongées, dont les interstices sont remplis de tissu cellulaire; macéré quelque temps dans l'eau, il se divise en lames réticulaires, semblables aux couches corticales : c'est le liber qui forme le bois.

De Candolle (*Organographie végétale*, Paris, 1827). Les couches corticales dont l'ensemble forme le liber sont constamment repoussées vers l'extérieur, finissent par se fendiller, mourir, et se charbonner plus ou moins à l'extérieur. L'enveloppe cellulaire est une sorte de moelle extérieure; quand elle ne peut pas suffire à l'accroissement, elle se rompt longitudinalement, et forme ainsi les gerçures de l'écorce. Le liége est une enveloppe cellulaire sèche et flexible; dans le Platane, elle

Digitized by Google

est mince, roide et friable ; quand elle est tombée, il s'en développe une autre qui tombe à son tour.

La cuticule proprement dite (épiderme) meurt ordinairement à un âge très-peu avancé ; elle devient d'abord un peu opaque, puis se dessèche ou s'exfolie, ou se fendille. La pellicule, qui recouvre ensuite les branches dès la seconde ou troisième année, présente un aspect différent ; cette membrane, ou épiderme proprement dit, est formée (d'après Malpighi) par les couches externes de l'enveloppe cellulaire.

Il s'est engagé, à propos de la transformation du liber en bois, une discussion entre Mirbel et Du Petit-Thouars, Knight, Treviranus, Keiser et De Candolle. Dans un mémoire *sur l'origine du liber et du bois*, présenté à l'Académie en 1827, Mirbel reconnaît son erreur en proclamant que « jamais le liber ne devient bois, mais qu'il existe entre le bois et l'écorce une couche régénératrice ou cambium qui, du côté du bois, se transforme en aubier et du côté de l'écorce en liber. »

Dans l'article Écorce du *Cours complet d'agriculture ou Dictionnaire* (Pourrat, Paris, 1835), Mirbel divise l'écorce en trois parties : l'épiderme, l'enveloppe herbacée et les couches corticales. Les utricules extérieures, toujours unies entre elles, se pressent les unes contre les autres dans la direction du centre à la circonférence, et se teignent de couleurs foncées. Les agents extérieurs occasionnent la chute de ces parties, et, à mesure qu'elles tombent, l'enveloppe herbacée se régénère à l'intérieur.

Ici se termine pour ainsi dire la première période de l'histoire de nos connaissances sur l'écorce. Si nous jetons un coup d'œil rétrospectif sur toute cette période, nous voyons qu'en général ces auteurs ont confondu le véritable épiderme avec le liége, et en partie avec le rhytidome ; ce n'est qu'après les recherches de Rudolphi sur l'épiderme, qu'on a reconnu la différence qu'il y a entre ces deux organes. Quant au suber et au rhytidome, on les prenait pour la partie desséchée de l'enveloppe cellulaire.

L'histoire du liber ou « des couches corticales » n'a pas encore commencé ; on n'y voyait que des réseaux de fibres superposés et séparés par des couches minces de parenchyme.

Digitized by Google

La deuxième période commence par un travail extrêmement important de Hugo Mohl (*Untersuchungen über den Bau und die Entwickelung des Korkes und der Borke auf der Rinde der baumartigen Dicotylen. Diss.*, 1836 (1); *Verm. Schriften*, 1846). L'auteur démontre dans ce mémoire que la formation des écailles à la surface de l'écorce n'est pas occasionnée par une simple dessiccation des couches extérieures de l'écorce; mais qu'elle repose sur le développement nouveau de certaines couches cellulaires qui forment tantôt elles-mêmes les écailles, et tantôt séparent du reste de l'écorce des plaques qui ne tardent pas à mourir et à tomber. Dans le premier cas, il y a du liége; dans le second, du rhytidome (*Borke*).

M. Hanstein (*Untersuchungen über den Bau und die Entwickelung der Baumrinde*, Berlin, 1853), entrant dans la voie ouverte par Mohl, décrit le périderme et le rhytidome pour un certain nombre de plantes; il distingue deux espèces de rhytidomes : le rhytidome écailleux (*Schuppenborke*) et le rhytidome annulaire (*Ringelborke*).

L'étude détaillée de ce tissu nouveau, qui a reçu le nom de *suber*, nous la devons à Schacht, et surtout à M. Sanio (*Bau und Entwickelung des Korks*, in *Jahrb. f. wiss. Bot.*, II; *Analyse critique de ce mémoire*, par M. Rauwenhoff, *Ann. des sc. nat.*, 5e sér., t. XII, p. 347).

Dans la troisième période, l'attention des anatomistes s'est dirigée vers une autre partie de l'écorce, vers le liber, par la découverte d'un nouvel élément anatomique. La cellule grillagée, observée en 1853 par M. Hartig, qui décrit avec soin la structure des cloisons transversales de cellules dans les *Cucurbita*. Mohl décrit succinctement ces mêmes organes chez un certain nombre de plantes (*Einige Andeutungen über den Bau des Bastes*, in *Bot. Zeit.*, 1855, p. 873). MM. Hanstein (*Die Milchsaftgefässe*, etc.) et Nægeli ont de nouveau étudié les cloisons transversales des cellules grillagées du *Cucurbita*, et abordent aussi l'étude du parenchyme libérien. Enfin, dans

(1) *Annales des sciences naturelles*, 2e série, t. IX, p. 290.

Digitized by Google

ces derniers temps, plusieurs auteurs, comme MM. G. Kraus et Briosi, ont cherché à expliquer le rôle de ces organes, qui paraissent être d'une importance extrême.

Un grand nombre d'auteurs se sont occupés des autres parties de l'écorce. Je me borne à les citer ici; dans le courant de ce mémoire, j'aurai l'occasion de parler de leurs travaux : ce sont MM. Caspary, Rosanoff, Van Tieghem, Trécul, Karsten, Gris et d'autres encore.

CHAPITRE PREMIER.

L'ÉPIDERME.

Depuis qu'on a poursuivi la formation de l'épiderme jusque sur le point de végétation, il est devenu très-facile de définir cette enveloppe. Le point de végétation des Phanérogames est recouvert d'une assise de cellules qui perdent aussitôt le pouvoir de se diviser tangentiellement, à de rares exceptions près; les plus intéressantes ont été étudiées par M. Pfitzer dans un travail spécial publié dans les *Jahrbücher für wiss. Bot.*, t. VIII. Toutes les divisions qui s'y opèrent sont normales à la surface; ces cellules se réunissent solidement en une membrane continue, percée seulement par les stomates : c'est l'épiderme. Mais comme l'étude de l'épiderme appartient plutôt à l'histoire de la feuille qu'à celle de la tige, je serai bref sur tous les caractères généraux de l'épiderme, et je ne m'arrêterai qu'à ceux qui sont propres à l'épiderme de la tige.

L'épiderme est recouvert extérieurement d'une mince membrane de matière bien différente de la cellulose; elle se dissout dans la potasse caustique, tandis qu'elle résiste à l'acide sulfurique; la cellulose donne précisément les réactions opposées. Cette mince membrane a reçu le nom de *cuticule proprement dite*. Les parois cellulaires de l'épiderme sont généralement très-inégalement épaissies; la paroi externe l'est presque toujours beaucoup plus que toutes les autres; les parois latérales sont souvent épaissies dans leur partie externe, et cet épaississement peut diminuer insensiblement vers l'intérieur, ou bien

Digitized by Google

s'arrêter net à une distance plus ou moins grande de la surface externe. Je ne reviens pas sur la structure intime des parois cellulaires épidermiques, et notamment de la paroi externe, si souvent décrites par un grand nombre d'auteurs; j'ajouterai seulement que les couches cellulosiennes extérieures subissent une modification importante. Composées d'abord de cellulose, elles perdent bientôt les réactions caractéristiques de cette espèce chimique : le bleuissement par l'iode et l'acide sulfurique ou par le chloroiodure de zinc, la solubilité dans le réactif cuivrique de Schweitzer, directement ou après un traitement convenable, etc.; mais l'iode et l'acide sulfurique les colorent en jaune, exactement comme la cuticule proprement dite. Cette modification a été appelée, à tort ou à raison, *cuticularisation*, et l'on a identifié la nouvelle matière produite avec celle qui constitue la vraie cuticule. Ces deux matières sont-elles vraiment les mêmes? L'analyse n'a pu nous l'apprendre jusqu'à présent, à cause de la difficulté insurmontable de séparer la vraie cuticule des couches cuticularisées en quantité suffisante pour permettre l'analyse. Quoi qu'il en soit, la substance particulière qui existe dans les couches cuticularisées paraît être identique avec celle du liége, d'après des recherches très-récentes de M. Fremy, et elle est différente de la substance que cet éminent chimiste appelle vasculose, et qui existe dans le bois.

L'ensemble de la vraie cuticule et des couches cuticularisées se détache tout d'une pièce par la macération dans l'eau ou par certains traitements chimiques; c'est la *cuticule*, découverte par M. Ad. Brongniart.

Si Mohl a montré que la cuticule de M. Brongniart est composée de deux parties différentes, il n'en est pas moins vrai que la découverte de la cuticule, comme membrane continue extérieure, appartient à M. Ad. Brongniart.

Les couches cuticularisées contiennent presque toujours des matières étrangères : résines, cires (celles-ci peuvent souvent laisser un enduit de forme variable sur l'épiderme) (1), plus

(1) Voyez A. de Bary, *Bot. Zeit.*, 1871, p. 128 et suiv.

Digitized by Google

rarement des matières colorantes. Celles de *Jacquinia smaragdina*, par exemple, sont imprégnées d'une belle matière colorante rouge carmin. La coloration jaune est moins rare, mais aussi plus difficile à constater.

La cuticularisation des couches cellulosiennes peut se restreindre aux couches extérieures des parois externes ; mais très-souvent aussi elle pénètre à une profondeur variable entre les parois latérales ; de sorte que la cuticule, détachée par la macération, présente très-nettement la disposition des cellules, et pourrait tromper l'œil inexpérimenté, en simulant un tissu cellulaire. Dans un certain nombre de cas, comme, par exemple, dans *Cerinthe major*, les couches d'épaississement ne sont pendant longtemps composées que de cellulose pure, malgré leur développement considérable; elles ressemblent par leur aspect aux épaississements du tissu connu sous le nom de *collenchyme*, et le chloroiodure de zinc les colore en bleu, tandis qu'il colore en jaune la vraie cuticule; ce n'est que vers l'époque de la floraison que l'altération commence par les cloisons latérales. La cuticularisation peut aller plus loin et embrasser à la fois toutes les parois des cellules épidermiques, les parois internes comprises, comme dans l'épiderme très-persistant du *Cluytia pulchella*, qui présente peut-être là une véritable subérification sans formation de périderme? Je ne suis pas éloigné de le croire, et en partant de ce fait, je serai conduit à considérer la cuticularisation en général *comme identique avec la subérification;* la subérification n'appartiendrait plus alors en propre à un tissu de formation nouvelle, mais ne serait qu'un phénomène secondaire qui peut se présenter dans des tissus de nature morphologique très-différente (1). Pour plus de détails sur cette question, voyez les chapitres *Suber* et *Gaîne protectrice*.

Quant à sa durée, l'épiderme peut être *caduc* ou *persistant*. Dans l'immense majorité des plantes ligneuses, il est caduc; très-près du sommet de la plante commence un travail secondaire à une profondeur variable dans l'écorce : c'est la forma-

(1) Voyez A. Barthélemy, *De la respiration des plantes* (*Ann. des sc. nat.*, 5e série, t. IX, p. 290).

Digitized by Google

tion du périderme. Très-souvent le périderme prend naissance dans la rangée de cellules située immédiatement au-dessous de l'épiderme; dans tous les cas, quand le périderme se subérifie et se transforme en liége, la communication physiologique entre l'épiderme et les tissus vivants de l'écorce est rompue, et celui-ci est envahi par une altération chimique considérable et meurt; souvent il se remplit d'une matière colorante rouge, qu'on trouve aussi dans le suber même. Au bout d'un temps plus ou moins long, l'épiderme tombe, soit entièrement avec une partie du suber, soit en partie seulement, par la rupture des cloisons latérales. Une fois sorties de l'état de méristème, les cellules épidermiques caduques perdent le pouvoir de se diviser; leur forme, d'abord isodiamétrique, s'altère par l'accroissement prépondérant de quelques-unes de leurs cloisons : les cellules sont alors allongées dans une direction parallèle à l'axe, et ensuite, si elles vivent assez longtemps, la partie de la plante qu'elles recouvrent ne s'allongeant plus, mais s'épaississant rapidement, leur diamètre transversal s'étend, de manière à leur rendre la forme isodiamétrique, ou même à la dépasser en leur donnant une forme allongée transversalement. Il est important de noter que nous avons affaire ici à un véritable accroissement des parois cellulaires, et non pas à une extension passive de ces parois. La forme qu'on observe le plus souvent sur nos arbres est la forme allongée verticalement; le périderme s'organise de si bonne heure, qu'il coupe court à tout changement ultérieur. Je citerai seulement le Chêne, le Frêne, le Mûrier, l'Érable champêtre, le Bouleau, le Coudrier, etc. Elles sont isodiamétriques dans le Peuplier, par exemple.

Épiderme persistant. — Dans un certain nombre de cas qui doivent être considérés comme des exceptions, l'épiderme ne tombe pas d'aussi bonne heure; pendant longtemps il ne se forme pas de périderme, ou il ne s'en développe même pas du tout. Toutes les tiges qui sont dans ce cas se distinguent par leur surface unie, verte, de même aspect sur toute leur longueur.

On a souvent cité comme un caractère essentiel de l'épiderme

Digitized by Google

son accroissement par simple extension des parois existantes, sans formation de parois nouvelles. Schacht avait rendu attentif à des divisions tardives dans l'épiderme du Gui, et il avait indiqué la relation qui doit exister entre cette circonstance et la durée de l'épiderme.

Dans une thèse récente de M. R. Müller (1), l'auteur ne nie pas ce fait, mais il cherche à en atténuer la portée en disant que les deux cellules sœurs ne sont pas plus grandes ensemble que les cellules voisines ; en effet, l'accroissement des cellules-filles ne peut pas être plus fort que celui des cellules voisines, à moins que toutes les cellules épidermiques se divisent à la fois, ce qui n'est que rarement le cas. Dans *Pedilanthus Houlletianus*, où toutes les cellules ou presque toutes se divisent, la longueur des cellules-mères est proportionnelle au nombre des cellules-filles auxquelles elles donnent naissance (pl. 9, fig. 1). Évidemment les divisions ne servent qu'à ramener les dimensions des cellules à des grandeurs plus convenables pour l'accomplissement des fonctions vitales des cellules ; toutefois les jeunes cellules grandissent peu à peu, à mesure que les cellules voisines s'étendent et se divisent à leur tour.

Ces faits ne sont pas très-rares, et partout l'épiderme persistant est caractérisé par la division de ses cellules. Avant d'en exposer quelques exemples, je dois faire observer que l'extension des cellules épidermiques sans division doit avoir pour effet d'agrandir l'ostiole des stomates ; et, dans tous les cas, que les cellules épidermiques se divisent d'ailleurs ou qu'elles ne se divisent pas, il doit y avoir dans le système stomatique une disposition particulière destinée à contre-balancer cet effet. M. Strasburger (2) a décrit cette disposition des stomates, sans lui attribuer une signification physiologique, et il distingue deux cas : 1° les cellules qui accompagnent les stomates sont des cellules-filles d'un ordre variable des cellules-mères primordiales des stomates ; 2° ces cellules sont des cellules-filles des cellules épidermiques voisines des stomates. Quelle

(1) R. Müller, *Die Rinde unserer Laubhölzer*. Breslau, 1875.
(2) *Jahrb. für wissensch. Bot.*, IV.

Digitized by Google

que soit l'origine de ces cellules, elles sont généralement très-aplaties dans le sens du rayon partant du centre du stomate, et elles peuvent suivre pendant longtemps l'accroissement en épaisseur de la tige, sans prendre une forme trop allongée que la nature semble éviter pour des cellules épidermiques. Les Cactées étudiées par M. Strasburger sont un excellent exemple.

Je reviens à l'épiderme persistant avec divisions cellulaires, et je citerai d'abord le *Leycesteria formosa* (Caprifoliacée), dont l'épiderme est doué d'une vitalité remarquable, et peut diviser ses cellules à un âge très-avancé (pl. 9, fig. 2); les parois latérales des vieilles cellules épidermiques sont marquées d'un épaississement réticulé très-élégant, et le fond des places faibles de la paroi est très-finement criblé, comme cela arrive souvent dans les cellules de l'écorce primaire et de la moelle.

J'ignore si la rangée de cellules incolores qui se trouve au-dessous de l'épiderme appartient à celui-ci, ou si elle doit être considérée comme représentant le collenchyme. Le *Ptelea trifoliata* (Zanthoxylée) est dans le même cas, mais à un degré moins avancé.

Dans le *Russelia juncea*, pl. 9, fig. 3 et 4 (Scrofulariée), la persistance extrême de l'épiderme est accompagnée de particularités anatomiques plus marquées encore. D'abord, sans compter quelques irrégularités, ses cellules se divisent tangentiellement en deux rangées superposées qui sont de même nature, et contiennent dans un grand nombre de leurs cellules un suc violet; ensuite les cellules épidermiques subissent un grand nombre de divisions horizontales ou irrégulières, surtout dans le voisinage des stomates.

Dans le *Pedilanthus Houlletianus* (Euphorbiacée), l'épiderme est extrêmement persistant, et toutes ses cellules se divisent par une, deux ou trois cloisons.

Dans le *Ptelea trifoliata*, les cellules épidermiques, d'une durée remarquable, sont assez fortement épaissies en dehors et jusqu'au tiers des parois latérales; elles se divisent pendant longtemps par des parois verticales en deux cellules, quelquefois en trois par des parois inclinées.

Digitized by Google

Remarquons enfin que les plantes qui présentent cette particularité appartiennent à des groupes très-différents.

Il n'entre pas dans mon programme de m'étendre longuement sur les caractères de l'épiderme qui sont importants dans la classification. Tout le monde connaît l'importance des poils dans la détermination des espèces, etc., et même comme caractère de famille.

Nous verrons plus tard que l'épiderme, au lieu de mourir, peut devenir lui-même le siége d'une formation nouvelle : le périderme.

CHAPITRE II.

L'ÉCORCE PRIMAIRE.

I. — L'écorce primaire n'est autre chose que cette partie du tissu fondamental qui se trouve en dehors des faisceaux fibro-vasculaires ; en d'autres termes, elle est la partie corticale externe du tissu fondamental qu'on sépare, quand on mène à travers toute l'écorce une surface tangente à tous les faisceaux. Mais il ne faut pas considérer cette définition comme rigoureusement exacte ; elle ne permet pas de séparer nettement l'écorce primaire des grands rayons médullaires ; l'embarras devient bien plus grand encore quand on a affaire soit à une simple décurrence des faisceaux foliaires (quelques Composées), soit à des tiges de structure anormale, comme celles de certaines Sapindacées, dans lesquelles il y a deux rangées de faisceaux (Nægeli), ou des faisceaux secondaires nés dans le tissu parenchymateux même de l'écorce primaire (Netto).

J'adopte l'expression d' « écorce primaire », universellement répandue en Allemagne, parce qu'elle établit franchement l'opposition à l' « écorce secondaire » ou « liber », et qu'elle ne préjuge en rien ni sa structure, ni son rôle. L'écorce primaire correspond exactement à l'enveloppe verte de Duhamel ; il n'y a donc aucun malentendu possible, et quand je me servirai d'expressions semblables à celles-ci « couche verte, couche herbacée », je n'entends nullement faire des *noms propres*, mais je veux simplement dire que telle partie de l'écorce primaire contient de la

Digitized by Google

chlorophylle, ou qu'elle consiste en cellules parenchymateuses à parois minces, et chargées de chlorophylle ; il importe de ne pas considérer ces expressions comme équivalentes à l'enveloppe verte de Duhamel.

L'écorce primaire, comme l'indique le nom, est de formation primaire, c'est-à-dire qu'elle est le produit de la transformation *directe* d'une partie du méristème terminal. Par la différenciation très-hâtive des faisceaux fibro-vasculaires (encore parenchymateux), la partie externe du parenchyme du point végétatif est séparée de la partie interne médullaire, et c'est cette partie externe désignée dans cet état embryonnaire sous le nom de *périblème*, qui devient directement l'écorce primaire. Dans les plantes vertes, l'écorce primaire contient généralement, dans au moins une de ses parties, de la chlorophylle, et l'on peut la considérer comme un organe d'assimilation et de respiration semblable aux feuilles, et destiné dans beaucoup de cas à remplacer celles-ci pendant toute la durée de la plante (cladodes), ou pendant la mauvaise saison. Il paraît cependant qu'il y a quelques singulières exceptions : dans une Rubiacée, le *Phyllis Nobla*, l'écorce primaire, quoique très-développée et composée extérieurement d'un tissu faiblement collenchymateux et intérieurement de très-grandes cellules incolores, le tout entremêlé de quelques cellules à raphides, ne renferme que quelques rares grains de chlorophylle dans les cellules placées tout à fait à la limite du liber : quand on cherche plus profondément la cause de la coloration verte de la tige, on trouve dans la moelle, à deux ou quatre assises des trachées, une zone composée de deux à quatre assises de grandes cellules semblables aux autres cellules de la moelle, mais chargées d'une grande quantité de chlorophylle ; il existe également un peu de chlorophylle en très-petits grains dans les rayons médullaires au niveau des trachées. Bientôt il se forme, comme dans un grand nombre de Rubiacées, une lame de périderme entre l'écorce primaire et le liber ; le bois devient trop opaque pour laisser passer la lumière, et la chlorophylle disparaît de la moelle ; mais il s'en forme alors dans les couches externes du liber mou (il n'y a pas de fibres libériennes dans cette plante). Un phénomène semblable s'observe dans le

Digitized by Google

Putoria calabrica, dont la structure anatomique ressemble d'ailleurs beaucoup à celle du *Phyllis*.

Aux fonctions assimilatrices de l'écorce primaire viennent s'en ajouter d'autres bien évidentes : ce sont celles de protection, et c'est en tenant compte de ces deux fonctions si différentes qu'il nous sera facile de bien comprendre la structure de l'écorce primaire.

II. — L'écorce primaire est essentiellement parenchymateuse dans toutes ses parties ; les vaisseaux lui font toujours défaut, et les éléments prosenchymateux qui s'y trouvent sont toujours en assez petit nombre pour ne pas être considérés comme les éléments principaux. Parmi ces éléments, je compte également les vaisseaux ou cellules laticifères de l'écorce primaire, qu'on rencontre dans un certain nombre de familles telles que les Chicoracées, les Apocynées, les Asclépiadées, les Euphorbiacées, etc., et qui se terminent en pointe à leurs extrémités (1). Certains éléments, qui ne sont pas très-rares dans l'écorce primaire, ressemblent de tout point aux fibres libériennes (fibres libriformes), sans qu'il soit possible de découvrir aucune relation avec le liber. Ce cas se présente surtout dans les écorces primaires très-persistantes, comme dans *Hexacentris* (Acanthacée), chez le *Russelia juncea*, pl. 9, fig. 4 *f* (Scrofularinée), etc.; à un degré beaucoup moindre dans les écorces primaires caduques, comme par exemple chez le *Lavandula vera*, dont le collenchyme, qui soutient les côtes des jeunes tiges, est souvent renforcé par quelques fibres, mais dont toute l'écorce primaire tombe par suite du développement d'un périderme au-dessous des fibres libériennes. Doit-on considérer ces organites comme de véritables fibres libériennes? Je pense que, dans un grand nombre de cas, on a simplement affaire à des cellules scléreuses douées d'un accroissement propre, excessif, qui leur permet de s'insinuer entre les cellules voisines, de se mouler en quelque sorte dans les interstices laissés par ces cellules. Lorsque les cellules de l'écorce

(1) G. David, *Ueber die Milchzellen der Euphorbiaceen, Moreen, Apocyneen, Asclepiadeen*. Breslau, 1872.

Digitized by Google

primaire sont toutes orientées dans une direction verticale, comme cela arrive si fréquemment, la cellule scléreuse doit prendre la forme allongée prosenchymateuse des fibres libériennes, et lorsqu'en même temps le diamètre de cette cellule reste le même sur toute la longueur, la ressemblanee est parfaite. Dans l'écorce primaire du *Fagræa littoralis* (Loganiacée), on trouve des cellules scléreuses qui montrent d'une manière très-nette comment ces pseudo-fibres peuvent se développer; les nombreuses cellules scléreuses, un peu plus larges que les cellules avoisinantes, donnent naissance à de longs processus très-épaissis qui s'engagent dans les méats intercellulaires, et simuleraient parfaitement des fibres libériennes, si la partie renflée et irrégulière de ces cellules ne dévoilait leur véritable nature. Peu importe du reste que ces cellules allongées et épaissies ressemblent plus ou moins parfaitement à des fibres libériennes; elles ne peuvent porter ce nom, que lorsqu'elles appartiennent de fait au liber, ou se rencontrent à une place où l'on peut s'attendre à trouver cette partie du faisceau fibro-vasculaire (1).

Ce n'est pas ici la place de parler d'un cercle continu de fibres plus ou moins bien caractérisées qu'on trouve à une certaine distance du liber, au milieu de l'écorce primaire d'un assez grand nombre de plantes, et notamment des Cucurbitacées, Nyctaginées, Amarantacées. Ce sont là de véritables fibres libériennes qui procèdent de l'anneau cambial, comme l'a montré M. Sanio (2).

III. — Les différents éléments isolés ou réunis en tissus qu'on peut rencontrer dans l'écorce primaire sont :

Organites simples
- toujours réunis en tissus.
  - *A.* Les cellules parenchymateuses.
  - *B.* Les cellules du collenchyme.
- isolés, ou plus rarement réunis en tissus.
  - *C.* Les cellules cristalligènes.
  - *D.* Les cellules laticifères.
  - *E.* Les cellules scléreuses.
  - *F.* Les cellules à tannin.
  - *G.* Les fibres.

(1) Allusion aux fibres libériennes médullaires des Protéacées (voy. plus loin).
(2) *Bot. Zeit.*, 1865, p. 165 et suiv.

Digitized by Google

Les organes composés sont :

Organites composés	.....	*H.* Les lacunes à gomme. *I.* Les glandes résinifères et oléifères.

A. Les cellules parenchymateuses : parenchyme de l'écorce primaire.

L'aspect, la structure et le rôle physiologique du parenchyme de l'écorce primaire varient avec sa durée et la composition plus ou moins compliquée de toute l'écorce primaire.

Une conception philosophique dont il n'est pas assez souvent question en physiologie végétale, malgré le bonheur avec lequel elle a été appliquée à la physiologie animale, est la *division du travail*. Abstraction faite des sécrétions et des excrétions, qui ne sont presque jamais propres à l'écorce primaire, celle-ci a deux rôles à jouer : le rôle de feuille (assimilation, etc.) et le rôle d'un organe protecteur. Dans le cas le plus simple, l'écorce primaire est à la fois assimilatrice et protectrice dans toute son épaisseur ; ses cellules parenchymateuses, peu épaissies, plus ou moins lâchement unies, renferment de la chlorophylle, et la quantité de matière verte qu'on trouve dans chaque cellule paraît être en rapport avec la quantité de lumière qu'elle reçoit, et dépend par conséquent de la profondeur à laquelle elle est située.

Le développement de l'écorce primaire est très-variable, et varie de deux à quatre assises de cellules chez les *Euphrasia* et *Odontites*, où elle est la plus réduite, à la masse énorme des Cactées.

J'appelle *écorce primaire homogène* l'écorce primaire composée de cette seule espèce de tissu.

L'écorce primaire homogène est toujours parenchymateuse ; elle est herbacée, sauf dans les quelques cas où la plante ne renferme pas de chlorophylle.

L'écorce primaire homogène peut contenir des éléments quelconques *non réunis en tissus*, sans cesser pour cela de porter ce nom : cellules cristalligènes, cellules scléreuses, fibres, laticifères, que ces éléments soient également répartis ou cantonnés dans certaines régions de l'écorce primaire, pourvu qu'ils ne soient pas réunis en tissus continus.

Digitized by Google

Ainsi, par exemple, un grand nombre d'écorces primaires renferment une multitude de cellules scléreuses isolées, sans cesser pour cela d'être homogènes, tandis que l'écorce primaire de l'*Hiræa Houlletiana* (Malpighiacée) est hétérogène, parce qu'elle présente à l'extérieur, sous le liége, une couche continue de cellules scléreuses réunies en tissu.

Dans l'écorce primaire homogène, la configuration des cellules est rarement exactement la même dans toutes les parties : à l'extérieur, les cellules sont généralement cylindro-prismatiques, allongées verticalement, et laissent entre elles des méats, dont la direction générale est aussi verticale ; à l'intérieur, les cellules se rapprochent plus d'une forme isodiamétrique, et les méats sont plus grands et plus irréguliers.

Très-souvent les rangées extérieures de cellules s'épaississent un peu, surtout dans les angles ; on n'y trouve plus de méats intercellulaires ; la place qui correspond à ces méats est occupée par de la cellulose qui passe à l'état d'un mucilage qui ne se colore plus en bleu par le chloroiodure de zinc. Ce tissu est évidemment un passage au collenchyme ; il passe insensiblement au tissu herbacé sous-jacent, tandis que le collenchyme véritable est nettement délimité vers l'intérieur. Je désigne cette modification du tissu herbacé sous le nom de *tissu collenchymatoïde*. Je dirai, par exemple, que l'écorce primaire de l'Olivier est homogène, un peu collenchymatoïde en dehors. L'écorce primaire purement homogène n'est pas très-rare ; nous la trouvons dans un assez grand nombre de plantes herbacées annuelles, et, parmi les plantes ligneuses, dans un grand nombre d'espèces dont l'écorce primaire est, soit très-faible, soit très-développée, charnue, soit très-caduque (*Hakea*, *Banksia*, *Bischoffia*, *Malpighia*, *Galphimia*, *Heteropterys*, *Bunchosia*, *Citrus*, *Cheiranthus*, *Pterospermum*, plusieurs Primulacées, Théophrastées, etc.) ; elle est légèrement collenchymatoïde en dehors dans les Oléinées, dans *Jacquinia*, *Ilex*, *Daphne*, etc.

Quand l'écorce primaire est destinée à tomber de bonne heure, elle cesse bientôt de s'accroître ; ses cellules s'étendent, mais il n'y a guère de divisions nouvelles. Il en est tout autrement

Digitized by Google

lorsqu'elle persiste longtemps ; les cellules primitivement isodiamétriques s'allongent tangentiellement, surtout dans la région interne, puis elles se divisent ensuite par des cloisons radiales ou plus rarement irrégulières (*Chirita chinensis*, Cyrtandracée; *Jacaranda micrantha*, Bignoniacée); je n'ai que rarement observé des divisions tangentielles de nature à augmenter le nombre d'assises de cellules de l'écorce primaire ; quand l'écorce primaire s'accroît en épaisseur, c'est généralement par l'apposition de couches nouvelles provenant de la zone phellogène.

En même temps que les cellules de l'écorce primaire se divisent, leurs parois primitives s'épaississent, et se couvrent de ponctuations tantôt simples, arrondies ou allongées, tantôt de structure plus compliquée; les bandes épaissies, réticulées, divisent la face de la cellule en une multitude de petites places faibles, elles-mêmes criblées d'une infinité de petites ponctuations d'une finesse extrême, et qui ont souvent la forme d'un losange. La configuration de ces ponctuations dépend beaucoup des méats intercellulaires ; quand ceux-ci sont très-grands, les cellules ne se touchent que par de petites surfaces, et celles-ci sont naturellement seules couvertes de ces ponctuations.

Trop souvent ces ponctuations, qui sont extrêmement fréquentes dans l'écorce primaire, dans la moelle, dans le parenchyme ligneux, dans les fibres substitutives du bois, dans le parenchyme libérien et même dans l'épiderme (1), ont été prises pour des ponctuations grillagées, ou dotées improprement de ce nom, qui a depuis longtemps une signification parfaitement définie. M. Borscow les décrit sous le nom de *cellules parenchymateuses grillagées dans l'écorce primaire du* Ceropegia (2). Nous verrons plus loin les idées de M. Hanstein sur le parenchyme libérien.

Comme exemple de division dans l'écorce primaire, je puis citer encore une fois le *Leycesteria*, dont les cellules sont mar-

(1) *Leycesteria.*
(2) *Jahrb. für wiss. Bot.*, VII.

Digitized by Google

quées en même temps de très-belles ponctuations composées-criblées. Un assez grand nombre de Rubiacées sont dans le même cas, et il est important de noter ici en même temps la place qu'occupe le périderme primaire : le *Sipanea carnea* a de très-belles ponctuations criblées; l'écorce primaire est entièrement vivace, et le périderme se développe dans l'épiderme. L'*Ixora coccinea* mérite une attention toute particulière : l'écorce primaire y est homogène, très-développée; sa moitié externe est caduque; et il se développe un périderme à larges cellules au milieu de l'écorce primaire; enfin d'énormes agglomérations de cristaux d'oxalate de chaux viennent se déposer en dehors du périderme, et tombent avec la lame corticale condamnée. Dans toute la moitié interne de l'écorce primaire, on voit alors s'établir une multitude de cloisons radiales, et la couche phellogène elle-même est obligée, pour suivre cette extension croissante, de diviser ses cellules par des cloisons radiales, circonstance qui donne à cette zone un aspect tout à fait insolite. Parmi nos arbres, le *Platane* présente de nombreuses divisions radiales dans l'écorce primaire et dans les rayons médullaires. On pourrait enfin citer un très-grand nombre de plantes, dont l'écorce primaire persiste.

Il suffit de mentionner enfin deux modes de structure de l'écorce primaire qui se rencontrent dans des plantes appartenant à des familles très-différentes : dans l'un, la *carnosité*, l'écorce primaire est simplement parenchymateuse, mais elle présente un développement excessif : par exemple, chez le *Kleinia*, les *Stapelia*, les Cactées, les *Euphorbia;* dans l'autre, qui appartient aux plantes aquatiques, l'écorce primaire est très-lacuneuse, et renferme souvent ces cellules scléreuses ramifiées, si connues dans les *Nymphæa*, *Villarsia nymphoides*, *Minyanthes trifoliata* (sans cellules scléreuses), *Gratiola officinalis* (avec une assise de cellules qui représente le collenchyme), *Stemodia chilensis*.

On comprend facilement que l'écorce primaire homogène, avec sa structure si simple, ne peut que très-imparfaitement remplir ses fonctions de protection. Dans le plus grand nombre

Digitized by Google

de plantes, l'écorce primaire se divise en deux couches, dont l'une, destinée à la protection, porte à son état de développement parfait le nom de *collenchyme*, et dont l'autre, composée de parenchyme plus délicat, sert spécialement à l'assimilation.

B. Le collenchyme.

Le collenchyme est un tissu qui a pour caractère essentiel l'épaississement des arêtes longitudinales des cellules; sur la coupe transversale, on voit les parois latérales minces et des masses volumineuses dans les angles, à la place ordinaire des méats intercellulaires. Les épaississements du collenchyme *ne sont jamais lignifiés;* le chloroiodure de zinc ne les colore pas en jaune; l'aniline, additionnée d'un peu d'acide sulfurique, ne les teint pas (1); la partie interne (par rapport aux cellules) est formée de cellulose, et se colore en bleu par les réactifs ordinaires de cette matière (acide sulfurique et iode, chloroiodure de zinc); mais la coloration bleue s'affaiblit peu à peu vers la partie centrale, mitoyenne de l'épaississement. Cette modification de la cellulose ne saurait être regardée que comme une espèce de gummification ; elle est très-fréquente, et ne fait guère défaut toutes les fois qu'un tissu cellulaire s'épaissit sans se lignifier.

Il n'y a pas de limite nette entre le collenchyme et le tissu collenchymatoïde dont il a été question précédemment, et je crois très-commode, pour la description, de laisser un peu de vague dans la délimitation de ces expressions.

Sur la coupe longitudinale, on voit que les cellules sont beaucoup plus hautes que larges; leurs parois transversales sont minces, et on les prendrait volontiers pour des fibres libériennes, si l'on pouvait découvrir dans ce tissu les extrémités pointues des fibres.

Dans la Garance (*Rubia tinctorum*), on trouve à la place du

(1) Burgerstein, *Unters. über d. Vorkommen und die Entstehung des Holzstoffes in den Geweben d. Pflanzen* (*Sitzungsb. der Kais. Akad. d. Wiss.*, 1874, t. LXX, p. 345).

Digitized by Google

collenchyme, immédiatement au-dessous de l'épiderme, un tissu très-nettement prosenchymateux ; les parois latérales sont uniformément épaissies, et portent de petites ponctuations en forme de boutonnières verticales ; quelques-unes de ces cellules contiennent de très-petits cristaux en forme de bâtonnets. Le même caractère se retrouve, quoique moins net et moins constant, dans le *Nonnea nigricans*, dont le collenchyme est séparé de l'épiderme par une faible couche herbacée.

Quant au collenchyme proprement dit, on peut le diviser en deux types : le *collenchyme concave*, moins développé, où la cavité interne des cellules reste sensiblement cylindrique, et où l'épaississement ne fait qu'occuper pour ainsi dire la place des méats intercellulaires, qu'on est habitué à trouver entre les cellules arrondies, et le *collenchyme convexe* des Solanées, des Malvacées, etc., où l'épaississement forme, vers l'intérieur de la cellule, une saillie arrondie semblable à une colonne engagée.

Sauf ces quelques formes qui ne sont que des états de développement différents du même tissu, on observe peu de variation dans le collenchyme. Quelquefois, dans le collenchyme concave, toutes les parois ne sont pas également épaissies, et les parois tangentielles l'emportent de beaucoup sur les parois radiales : par exemple, dans *Tournefortia heliotropioides*. Dans le *Volkameria inermis*, on voit se former à l'intérieur de certaines cellules collenchymateuses un épaississement secondaire qui finit par remplir presque complétement la cavité cellulaire, et donne à ces cellules la fausse apparence de fibres libériennes.

Les méats intercellulaires sont rares dans le collenchyme, mais on en trouve quelquefois dans les Solanées, surtout dans les *Scopolia*, dans les Composées (*Eupatorium adenophorum*).

Souvent les cellules du collenchyme renferment des liquides colorés rouges ou violets (*Eupatorium adenophorum*, *Ligeria caulescens*). Souvent elles renferment des cristaux d'oxalate de chaux, et dans les Acanthacées, les cystolithes bien connus, en forme de fuseaux allongés, imprégnés de carbonate de chaux (*Ruellia*).

Le collenchyme est rarement continu ; le plus souvent il est

Digitized by Google

interrompu de distance en distance, et les interstices sont occupés par du parenchyme. Dans la plupart des plantes herbacées, dont la tige est anguleuse ou cannelée (Labiées, Ombellifères), les côtes sont soutenues par des faisceaux isolés de collenchyme.

La place ordinaire du collenchyme est immédiatement au-dessous de l'épiderme; mais il y a des plantes où il est séparé de l'épiderme par une couche de tissu herbacé : par exemple, dans les Malvacées, dans quelques Acanthacées (*Ruellia varians*), dans quelques Asclépiadées où le collenchyme est assez faible (*Asclepias Cornuti*).

Rien n'est plus variable que l'épaisseur de cette couche : depuis les plus beaux exemples fournis par les Malvacées jusqu'à celui d'*une seule membrane mitoyenne collenchymateuse concave*, on trouve tous les états intermédiaires. Cet état très-dégradé du collenchyme se montre très-nettement dans plusieurs Valérianées (*Valerianella pteropoda*, *Fedia*, *Valeriana sambucifolia*), et Dipsacées (1) (*Scabiosa Knautia*), dans quelques Rubiacées (*Spermacoce tenuior*, *Asperula*), dans les *Nierembergia frutescens* (Solanée), *Nemophila phacelioides*, *Linaria purpurea*, *Plantago afra*, *Verbena bonariensis*, *Turritis glabra*, *Sisymbrium Sophia*.

Les plantes dont le collenchyme est le plus développé sont les Malvacées, qui présentent un collenchyme convexe ou concave, les Solanées, beaucoup de Composées, Gesnériacées, Labiées, Acanthacées, etc.

Le collenchyme concave est très-fréquent; on le trouve dans la jeune écorce de presque tous nos arbres : Chêne, Bouleau. Au point de vue physiologique, le collenchyme parfaitement développé ne doit pas renfermer de chlorophylle. C'est en effet ce qui arrive souvent; mais bien des fois aussi les cellules sont bourrées de cette matière verte : la transparence parfaite de ce

(1) Ce qui prouve que cet épaississement doit être considéré comme du collenchyme, c'est qu'il est en continuité directe avec le collenchyme parfaitement développé qu'on trouve dans les côtes de la tige, et qu'il manque dans les plantes de la même famille lorsque le collenchyme manque dans les angles de la tige, comme on peut s'en convaincre dans le *Plectritis brachystemon*.

Digitized by Google

tissu permet à la chlorophylle de se développer librement dans le parenchyme situé au-dessous.

C'est ici qu'il convient de dire quelques mots de la disposition ou de l'arrangement de ces deux formes de tissu avec leurs modifications.

Il serait téméraire de vouloir établir une classification rigoureuse dans les formes d'écorces primaires, avant d'en avoir étudié un nombre bien plus considérable que je n'ai pu le faire jusqu'ici (environ cinq cents genres) ; aussi je ne veux qu'énumérer ici quelques-unes des formes les plus remarquables :

1° Il a été question plus haut de l'écorce primaire homogène, ainsi que

2° De l'écorce primaire composée d'un tissu collenchymatoïde ou d'un collenchyme en dehors et de parenchyme en dedans.

3° La différenciation du parenchyme lui-même en deux couches : une extérieure très-verte et une intérieure à cellules plus larges, contenant peu ou point de chlorophylle, permet d'établir un troisième type, dont les exemples ne sont pas rares (*Petunia*).

4° Le collenchyme peut venir se surajouter extérieurement aux deux couches parenchymateuses, de sorte que nous avons :

a. Collenchyme.

b. Tissu herbacé vert à petites cellules.

c. Tissu décoloré à grandes cellules, très-beau dans le *Capsicum bicolor*.

5° L'exception dont il a été question déjà, et qui appartient en particulier à un grand nombre de Malvoïdées, et exceptionnellement ailleurs : par exemple, *Sarracha*, *Lycopersicum esculentum*, *Anisodus luridus*, *Datura Stramonium*, *Vestia lycioides*.

a. Tissu parenchymateux vert.

b. Collenchyme.

c. Tissu parenchymateux à grandes cellules pâles.

6° La complication peut aller plus loin, comme on le voit dans les Morées (*Broussonetia*), où l'on trouve :

a. Tissu collenchymatoïde presque incolore.

b. Tissu de petites cellules chargées de chlorophylle.

Digitized by Google

c. Collenchyme très-développé presque incolore.

d. Parenchyme lâche à grandes cellules presque incolores.

7° Enfin il faut mentionner une série de formes qui rapprochent la structure de l'écorce primaire de celle de la feuille, en ce qu'il y a un tissu vert très-méatique, qui rappelle soit le parenchyme en palissades de la face supérieure, soit le parenchyme spongieux de la face inférieure des feuilles.

Ces structures compliquées se rencontrent surtout dans les écorces primaires vivaces. Je ne puis mieux faire que d'en exposer un certain nombre d'exemples.

a. Dans le *Jasminum fruticans*, l'épiderme, recouvert d'une forte cuticule, est percé d'un grand nombre de stomates qui font une légère saillie à la surface ; au-dessous de l'épiderme, il y a une assise de cellules contenant très-peu de chlorophylle, presque incolores, interrompue au-dessous des stomates : cette assise représente le collenchyme. Dans les côtes dont la tige est relevée, elle s'hypertrophie, prend tous les caractères d'un véritable collenchyme, et s'enrichit d'un certain nombre de fibres semblables aux fibres libériennes. Au-dessous de cette couche, il y a un tissu exactement semblable au parenchyme en palissades de la face supérieure des feuilles, très-serré, gorgé de chlorophylle ; dans les chambres sous-stomatiques, les cellules se détachent les unes des autres, et s'avancent librement, comme des poils, dans la cavité aérienne. Ce tissu compte trois à cinq assises de cellules. Dans la partie interne de l'écorce primaire, celles-ci prennent peu à peu une forme plus arrondie, et s'allongent ensuite dans la direction tangentielle, en laissant des méats entre elles, mais en perdant une grande partie de leur chlorophylle.

b. Il existe une disposition à peu près semblable dans le *Leycesteria formosa*, mais ici la couche en palissades est moins nette ; les files de cellules sont plus lâchement unies, et l'ordre primitif se trouble de plus en plus par l'accroissement tangentiel de cette écorce primaire vivace.

c. Parmi les Asclépiadées, l'*Arauja sericofera* nous fournit un autre exemple de cette nature : au-dessous de l'épiderme, on

Digitized by Google

trouve deux assises de cellules complétement incolores, presque tabulaires à un âge un peu avancé ; puis deux assises de cellules placées bout à bout perpendiculairement à la surface, et laissant entre elles de vastes méats ; enfin une couche plus ou moins forte de parenchyme composé de cellules un peu allongées verticalement, et renfermant de l'amidon.

d. Dans le *Carissa Arduini*, l'écorce primaire est de longue durée : le périderme se développe dans l'épiderme. La couche extérieure de l'écorce primaire consiste en petites cellules sensiblement isodiamétriques, gorgées de chlorophylle, et disposées assez nettement comme le tissu en palissades d'un grand nombre de feuilles. Le reste consiste en cellules beaucoup plus grandes, allongées tangentiellement, et susceptibles de se diviser par des cloisons radiales. C'est vers le milieu de l'écorce primaire que se trouvent la plupart des laticifères.

e. Dans le *Nierembergia frutescens*, on trouve au-dessous de la membrane mitoyenne collenchymateuse, située entre l'épiderme et l'assise sous-jacente, une couche spongieuse méatique parfaitement caractérisée.

Appendices aux tissus de l'écorce primaire.

1. *La gaîne protectrice du faisceau fibro-vasculaire* (*gaîne Casparienne*, *Gefässbuendelscheide*, *Schultzscheide*). — On désigne sous ces noms une couche de tissu composée le plus souvent d'une seule assise de cellules, qui appartient au parenchyme fondamental, et qui entoure étroitement les faisceaux fibro-vasculaires ; les parois longitudinales, radiales et transversales sont marquées dans le jeune âge d'une série de plissements réguliers ; quelquefois elles s'épaississent et se lignifient, et la couche mérite alors pleinement le nom de *gaîne protectrice* que M. Caspary lui a donné.

D'après cet auteur (1), Schultz-Schultzenstein est le premier qui ait mentionné la gaîne protectrice (2) ; il la considérait

(1) Caspary, *Die Hydrillen* (*Jahrb. für wiss. Bot.*, 1858).
(2) *Cyclose*, 1841, p. 246.

Digitized by Google

comme composée de fibres libériennes, ce que n'admet point M. Caspary, qui la regarde comme essentiellement formée par du parenchyme, et la distingue parfaitement de la zone fibreuse qu'on trouve dans la jeune tige des Sapindacées (*Urvillea ferruginea*), des Chénopodées (*Bascella rubra*), des Cucurbitacées, Papavéracées, Berbéridées, Balsaminées, etc.

Dans un travail plus récent (1), le même auteur confirme ces résultats, et indique, comme signe caractéristique, les plissements particuliers des parois longitudinales latérales.

M. Sanio (2) s'applique avec beaucoup de soin à séparer la vraie gaîne protectrice de la couche de prosenchyme de nature libérienne dont avait déjà parlé M. Caspary.

La gaîne protectrice est surtout développée dans les Cryptogames vasculaires et dans les Monocotylédonées; dans ces plantes, elle s'épaissit et se lignifie souvent. Dans les Dicotylédonées, son importance est beaucoup moindre : elle s'épaissit rarement; le plus souvent, elle n'est plus visible sur la plante adulte, et ces plissements si caractéristiques des parois longitudinales et transversales s'effacent même de très-bonne heure.

Ainsi restreinte, la gaîne protectrice se trouve surtout dans les plantes herbacées de plusieurs familles, telles que les Campanulacées, Lobéliacées, Valérianées, Dipsacées, quelques Rubiacées, Gentianées, Gesnériacées, Scrofularinées, Acanthacées, Plantaginées, Labiées, Éricacées, etc., etc.

Elle se distingue par le diamètre de ses cellules et par l'aspect particulier des parois cellulaires; les plissements disparaissent bientôt; très-rarement les parois cellulaires s'épaississent et se lignifient.

Dans une Valérianée, le *Plectritis brachystemon* par exemple, on trouve, correspondant aux arêtes de la tige, de gros faisceaux de fibres libériennes; entre ces faisceaux, la gaîne est composée de grandes cellules, environ trois fois plus hautes que

(1) R. Caspary, *Bemerkungen über die Schutzscheide*, etc. (*Jahrb. für wiss. Bot.*, 1865, p. 101).

(2) Sanio, *Einige Bemerkungen in Betreff meiner über Gefässbündelbildung geäusserten Ansichten* (*Bot. Zeit.*, 1865, p. 165).

Digitized by Google

larges, terminées par des cloisons horizontales, et assez épaissies et lignifiées.

Généralement la gaîne des Dicotylédonées ne consiste qu'en une seule rangée de cellules; elle est un peu plus compliquée (une à deux rangées) chez le *Valerianella sambucifolia*, et quelques Composées, etc.

Vers la fin de la période de végétation, les parois cellulaires de la gaîne se subérifient souvent, soit en totalité (Valérianées, Campanulacées), soit sur les parois latérales supérieures et inférieures seulement, ou même sur une bande étroite de ces parois correspondant aux plissements (*Linaria purpurea*, *Scoparia*, *Stachys*, *Leonitis Leonurus*, *Phlomis dulcis*), et quelques autres Labiées (*Plantago amplexicaulis*, *Lœfflingii*, *Tidœa gigantea*). Je ne crois pas devoir considérer ce phénomène comme une lignification, à cause de la ténuité des parois cellulaires et de l'interruption de la circulation entre le liber et l'écorce primaire (1).

La seule indication très-indirecte de la subérification de la gaîne que j'aie pu trouver appartient à M. Van Tieghem (*Canaux sécréteurs des plantes*, dans *Ann. des sc. nat.*, 1re série, 1872, t. XVI, p. 112) :

« Par les progrès de l'âge, leur paroi, qui demeure mince, » acquiert souvent des reflets irisés analogues à ceux qui carac- » térisent les assises subéreuses..... » (Il s'agit du *Tagetes patula*). Je considère ce mot, prononcé par M. Van Tieghem, comme un appui solide à mon opinion.

Cette subérification paraît être assez généralement répandue, et la gaîne protectrice ressemble beaucoup par ses effets à la zone de périderme que nous voyons s'établir à la base de l'écorce primaire d'un très-grand nombre de plantes.

Je ne saurais décider avec certitude si l'altération chimique des parois cellulaires de la gaîne protectrice est une véritable subérification ou non; car le nouveau réactif de M. Wiesner, le sulfate d'aniline colore non-seulement les parties lignifiées,

(1) Voyez *Note préliminaire sur le rôle de la gaîne protectrice dans les Dicotylédonées herbacées* (*Comptes rendus*, t. LXXXI, p. 418).

Digitized by Google

mais aussi des tissus qui sont certainement d'une autre nature, comme des cellules mortes par exemple. Il colore généralement la gaîne, et teint également le liége ordinaire au commencement de la réaction, ensuite il l'altère profondément (1).

Il est certain que cette zone elle-même si faible ne peut constituer un organe de protection efficace; l'altération de ces cellules entraîne une rupture dans la communication physiologique entre le liber et l'écorce primaire, et enfin la mort de celle-ci. L'écorce primaire, organe d'assimilation, a fini de jouer son rôle; en effet, si elle continuait à végéter dans l'arrière-saison, elle ne serait qu'une charge pour la plante : le phénomène qu'elle nous offre est donc parfaitement comparable à celui de la chute des feuilles.

2. Il n'y a que peu de chose à dire sur les *cellules cristalligènes réunies en tissus*.

Un bel exemple de cette nature nous est offert par l'*Ochna mozambicensis :* au-dessous de l'épiderme, on voit une assise de cellules contenant un peu de chlorophylle; puis vient une assise de cellules cristalligènes renfermant chacune une agglomération de cristaux d'oxalate de chaux; tout le reste de la cavité est rempli par de la cellulose qui empâte complétement le cristal.

A un âge avancé, une multitude de plantes déposent des cristaux d'oxalate de chaux dans presque toutes les cellules d'une zone de l'écorce primaire; mais ces cellules ne sont pas primitivement destinées à ne produire que de l'oxalate de chaux; elles sont empruntées pour cette nouvelle fonction, après avoir accompli des rôles tout différents.

3. Les mêmes observations s'appliquent aux *cellules sclé-reuses réunies en tissus*. J'ai déjà cité plus haut l'*Hiræa Houlle-*

(1) Mais j'ignore si j'emploie ce réactif, du reste excellent, comme le fait M. Wiesner. J'ajoute une petite goutte d'aniline pure à l'eau de la préparation, et j'opère grossièrement le mélange; ensuite j'y fais couler une quantité suffisante d'acide sulfurique pour qu'il ne reste pas de liquide huileux. S'il y a précipité, un peu d'eau l'enlève facilement.

Digitized by Google

tiana; quand le suber est bien développé, une zone plus ou moins forte de l'écorce primaire située au-dessous se sclérifie.

C. Les cellules cristalligènes.

Les cristaux qu'on rencontre dans l'écorce primaire (et dans le liber) des Dicotylédonées sont toujours de l'*oxalate de chaux*, sauf les masses cellulosiques incrustées de carbonate de chaux connues sous le nom de *cystolithes*, et qu'on observe dans les Urticacées et dans les Acanthacées.

Après les nombreux travaux sur les cristaux des végétaux, et après ma propre note (1) sur le même sujet, et que j'ai fait suivre d'un aperçu historique, il est inutile de revenir sur les découvertes successives qui sont venues enrichir l'anatomie comparée de ces petits organes.

Les quelques notions générales que je vais exposer relativement aux cellules cristalligènes de l'écorce primaire s'appliquent également à celles de la moelle et à celles du liber; il me sera permis de m'appuyer sur des faits tirés de l'anatomie de l'une et de l'autre de ces parties de la plante.

Les cristaux d'oxalate de chaux sont extrêmement répandus dans les végétaux. Dans ceux où l'oxalate de chaux manque à l'état solide, il y a lieu de le chercher à l'état de dissolution dans une matière quelconque, et probablement dans l'albumine. N'a-t-on pas observé que le *Mercurialis annua*, qui ne renferme pas de cristaux d'oxalate de chaux à l'état normal, en présente des quantités notables dans le parenchyme hypertrophié qui entoure les cellules attaquées par le *Synchytrium Mercurialis?*

En présence d'un phénomène aussi répandu, s'il n'est pas général, il faut croire que l'oxalate de chaux est le produit inutile d'une réaction extrêmement importante dont la nature et le but nous échappent complétement jusqu'à ce jour.

Quelques auteurs, et notamment M. A. Emmerling (2),

(1) *Ann. des sc. nat.*, 5e série, t. XIX, p. 300.

(2) *Beiträge zur Kenntniss der chemischen Vorgänge in der Pflanze, A. Emmerling. Landw. Vers.-Stat.*, 1874, t. XVII, p. 161.

Digitized by Google

pensent que les sels calcaires jouent un rôle important dans la formation des matières albuminoïdes. L'auteur que je viens de citer part, dans sa théorie, de l'azotate de chaux : la chaux serait précipitée par un oxalate soluble ou par l'acide oxalique libre, et l'acide azotique subirait des décompositions pour devenir le point de départ des matières albuminoïdes. Mais tout ceci n'est que supposition.

L'oxalate de chaux est un produit *inutile*, une excrétion ; il reste là où il a été déposé ; jamais il ne se redissout, et les cellules qui en contiennent une quantité, même relativement faible, sont perdues pour toute autre fonction ; elles deviennent exclusivement sécrétrices d'oxalate de chaux, et finissent par mourir. Dans un certain nombre de cas, cependant, cette division du travail ne s'établit pas, et la même cellule renferme de la chlorophylle, de l'amidon et de l'oxalate de chaux, mais ce dernier en petite quantité. On sait qu'il existe des cristaux aciculaires ou en forme de croix très-ténues dans les Spirogyres et dans quelques Mucorinées (1) ; dans les Phanérogames, les cristaux si connus sous le nom d'enveloppes de lettres, se forment souvent dans des cellules qui ne sont pas spécialement cristalligènes.

S'il est bien établi dans notre esprit que l'oxalate de chaux est un produit inutile, nous ne serons pas étonnés de le voir tomber avec les feuilles mortes, avec les plaques rhytidomatiques ; de voir les cellules cristalligènes, ainsi que les cellules scléreuses et les fibres libériennes le sont quelquefois, éliminées de l'économie végétale par une production subéreuse locale, comme le serait un corps étranger. Tous ces faits, sauf le dernier, qui ne paraît être qu'accidentel, et que je n'ai pas vu se produire régulièrement dans une espèce déterminée, sont généraux, et il est inutile d'en citer des exemples. Tout le monde sait que les feuilles mortes sont extrêmement riches en cendres, et ces cendres proviennent précisément de l'oxalate de chaux accumulé dans ces organes.

(1) Van Tieghem, *Ann. des sc. nat.*, 6e série, t. I.

Digitized by Google

Toutes les parties de la tige peuvent renfermer de l'oxalate de chaux, la moelle, le bois, le liber, l'écorce primaire; mais c'est de préférence dans le parenchyme fondamental (moelle, rayons médullaires, écorce primaire) qu'on le trouve. Il est très-fréquent dans le liber, où il occupe des cellules particulières morphologiquement distinctes des autres; il est plus rare dans le parenchyme ligneux (*Clusia*).

Une loi générale se dégage d'un très-grand nombre d'observations; la voici :

« *L'oxalate de chaux se dépose avec une sorte de prédilection dans les cellules ou dans les membranes cellulaires qui, par leur position ou par certaines altérations chimiques, ont perdu de leur utilité pour la vie générale de la plante.* »

Je cite quelques-unes des observations les plus démonstratives : dans le liber de l'If on trouve de très-petits cristaux dans la membrane mitoyenne (matière intercellulaire) située entre deux fibres à peine épaissies (1).

Les cellules scléreuses ramifiées du tissu fondamental du *Welwitschia mirabilis* sont couvertes de petits cristaux clinorhombiques diversement modifiés d'oxalate de chaux; la cuticule de la même plante renferme une multitude de très-petits cristaux. Ni la cuticule, ni les fibres libériennes, ni les cellules scléreuses, ne servent beaucoup à la transmission des matériaux élaborés. Dans les Dicotylédonées, les faits de ce genre sont très-rares, mais il en existe pourtant : dans la moelle du *Kadsura japonica* (Schizandrée) (pl. 9, fig. 5 A et B), il y a un certain nombre de cellules scléreuses allongées verticalement en forme de fibres très-épaissies; leur surface est couverte de cristaux d'oxalate de chaux, qui sont enfoncés dans la pâte cellulosique. Les faces accolées de deux de ces cellules ne présentent jamais de cristaux; ce sont évidemment les cellules parenchymateuses voisines qui sécrètent l'oxalate de chaux et le déposent sur ces cellules épaissies qui ne servent pas à la circulation des matières élaborées.

(1) Comte Solms-Laubach, *Bot. Zeit.*, 1871, pl. VI. — C. Eg. Bertrand, *Ann. des sc. nat.*, t. XX, pl. 5, fig. 4.

Digitized by Google

Très-souvent l'oxalate de chaux se dépose dans des cellules qui doivent se sclérifier plus tard; le cristal fait alors corps avec la masse cellulosique compacte (Bouleau, *Ochna mozambicensis*).

Plus souvent encore les utricules voisines de cellules très-épaissies se chargent de cristaux: ce phénomène se rencontre dans l'écorce primaire, au voisinage des sclérites, dans le liber, le long des fibres libériennes (Chêne).

Je viens de citer le seul exemple que j'aie trouvé de cristaux dans la membrane cellulaire d'une plante dicotylédonée, le *Kadsura*.

Dans l'immense majorité des cas, les cristaux se trouvent franchement dans la cavité cellulaire. Quand on dissout le cristal en ajoutant de l'acide chlorhydrique à la préparation, il reste généralement une très-mince pellicule cellulosienne qui enveloppait étroitement le cristal et en reproduit la forme. Dans bien des cas, tout le reste de la cellule est rempli par une matière de nature cellulosique : tel est le cas d'un grand nombre de cellules à raphides, par exemple (Vigne), matière souvent gonflable et qui détermine l'évacuation des raphides quand on ajoute de l'eau à la préparation, ainsi que l'a montré Turpin.

Dans ces derniers temps, diverses opinions ont été émises au sujet de la formation de cette même pellicule cellulosienne; mais cette question mérite une nouvelle étude. Les uns pensent en effet que le cristal se dépose primitivement dans l'épaisseur de la paroi cellulaire, et refoule, en grossissant, la partie interne de cette membrane vers l'intérieur de la cellule, en restant lié à la paroi par un pédicule qui s'amincit de plus en plus et finit par se rompre; d'autres croient au contraire que la cellulose se dépose sur le cristal libre dès le premier abord. Ce sont précisément les mêmes idées qui se sont fait jour dans l'explication de la gaîne cellulosienne qui entoure les hypha de quelques Champignons à l'intérieur des cellules de la plante nourricière.

Si quelques faits exceptionnels paraissent appuyer la première de ces opinions, ce sont les cristaux liés à la paroi cellulaire par des prolongements cellulosiens.

Digitized by Google

Tout récemment encore M. Stoll (1) a décrit un fait semblable dans les *Hibiscus*. M. Rosanoff l'avait déjà signalé dans *Kerria japonica* (2), chez lequel la moelle renferme des agglomérations de cristaux maintenues en place par une forte colonne cellulosienne verticale ; les colonnes des cellules superposées se juxtaposent elles-mêmes bout à bout. Remarquons que le cristal est attaché à la paroi, non pas par un pédicule, mais par deux, circonstance défavorable à la première des opinions susdites. J'ai eu le bonheur d'observer la même disposition à un degré beaucoup plus avancé. Dans la moelle de *Kigellaria africana* (Bixinée), on trouve (pl. 9, fig. 6) un grand nombre d'agglomérations cristallines ; plus on se rapproche de l'axe de la tige, moins les cristaux sont volumineux, relativement aux dimensions des cellules. Il arrive souvent que le cristal est maintenu en un point quelconque de la cellule par deux à six pédicules et davantage ; le plus souvent ces pédicules sont plus gros du côté du cristal ; ils s'amincissent graduellement jusqu'à la paroi cellulaire, et s'y terminent par un petit bouton qui n'adhère que très-peu à la paroi et s'en détache très-facilement. Plus rarement on voit des pédicules de tout point semblables partir de la paroi cellulaire et se terminer par un bouton du côté du cristal. Parfois le cristal reste accolé à la paroi cellulaire, et au lieu de pédicules traversant librement la cavité cellulaire, on trouve des brides à moitié engagées comparables à ces brides qui retiennent les valvules du cœur. Tous ces faits, on le voit, sont loin de parler pour la formation du cristal dans la paroi cellulaire ; mais ils ne suffisent pas non plus pour démontrer la théorie contraire. Je dois avertir les observateurs qui voudraient voir eux-mêmes ces élégantes masses cristallines, qu'on est obligé souvent d'examiner plusieurs préparations avant d'y réussir ; ces petits pédicules sont du reste très-fins, et il faut s'armer, pour les voir, d'un grossissement d'au moins 300 diamètres.

(1) D. Rud. Stoll, *Ueber die Bildung des Kallus bei Stecklingen* (*Bot. Zeit.*, 1874, pl. 12, fig. 9).

(2) S. Rosanoff, *Bot. Zeit.*, 1865, p. 329.

Digitized by Google

Les cristaux se forment souvent autour d'un noyau étranger, qui reste visible au centre du cristal, comme on peut le voir avec une netteté remarquable dans l'écorce primaire de l'*Abelia rupestris* et du *Ptelea trifoliata*.

Cristaux dans des cellules non spécialement cristalligènes. — 1° Un des plus beaux faits de ce genre se rencontre dans la partie interne de l'écorce primaire du *Fagræa littoralis* (Loganiacée); beaucoup de cellules parenchymateuses, qui renferment encore le nucléus avec un nucléole brillant et un nombre plus ou moins considérable de grains de chlorophylle, se chargent en même temps d'une multitude de petites aiguilles cristallines tantôt dispersées sans ordre dans la cavité cellulaire, tantôt obscurément réunies en paquet, tantôt rayonnant autour d'un centre.

2° Dans les Gesnériacées, les Bignoniacées et quelques autres familles voisines, on trouve fréquemment les cristaux particuliers de ces plantes accompagnés de chlorophylle.

3° Dans le *Scoparia dulcis*, le *Buddleia globosa*, etc., presque toutes les cellules de l'écorce primaire contiennent, à côté de leur chlorophylle, des cristaux prismatiques allongés diversement modifiés.

4° L'*Hyoscyamus albus*, qui fait exception sous ce rapport parmi les Solanées, présente, dans l'écorce primaire et dans la moelle, au milieu de cellules qui ne sont pas spécialement cristalligènes, de petits cristaux octaédriques ou modifiés d'une manière régulière.

En somme, c'est là une imperfection rare chez les Dicotylédonées; car ordinairement les cristaux se forment dans des cellules particulières.

Cristaux dans des cellules spécialement cristalligènes. — Les cellules de l'écorce primaire qui renferment des cristaux peuvent conserver la même forme que toutes les cellules qui les environnent; mais il arrive souvent, surtout quand ces cristaux sont aciculaires, que les cellules s'allongent dans un sens

Digitized by Google

déterminé, ordinairement verticalement, ou, quand elles renferment d'autres masses cristallines très-volumineuses, qu'elles augmentent simplement de volume tout en restant semblables à elles-mêmes.

Il ne me reste plus qu'à étudier la forme des cristaux, et à montrer la relation qui existe entre cette forme et les affinités naturelles; en d'autres termes, à faire voir qu'il y a une certaine constance de formes cristallines entre les plantes d'une même famille ou d'une même classe. Celle de l'oxalate de chaux est peut-être un des caractères anatomiques les plus constants. Je n'ai pas la prétention de donner un aperçu complet des différentes formes cristallines qu'on trouve dans les principaux groupes de végétaux dicotylédonés ; mais je vais en prendre quelques-uns et citer un exemple destiné à montrer la constance de ces formes dans un groupe naturel de plantes.

Peu importe dans quel ordre je les étudierai :

1. Cristaux pulvérulents.
2. Raphides.
3. Agglomérations.
4. Cristaux clinorhombiques simples à faces planes.
5. Cristaux clinorhombiques à faces creuses.
6. Cristaux maclés de diverses manières.
7. Formes variées indéterminées.

Quand une forme cristalline est très-constante dans un groupe naturel, et surtout quand elle ne se présente que très-rarement ailleurs, il n'y a aucun inconvénient à lui donner le nom de ce groupe; de cette manière, on arrive, avec un peu de mémoire, à se représenter immédiatement la forme dont il s'agit.

1° *Cristaux pulvérulents*. — On a souvent parlé, et tout récemment encore, d'oxalate de chaux amorphe dans les plantes, et notamment dans les *Sambucus*. Mais n'est-il pas plus probable que cette poussière soit formée par de petits fragments cristallins irréguliers?

Digitized by Google

C'est dans la classe des Solanées que l'oxalate de chaux se présente le plus nettement à l'état pulvérulent. Cependant, au moyen de forts grossissements, on voit que cette poussière n'est pas amorphe, mais que les grains ont généralement une forme triangulaire (tétraédrique) plus ou moins régulière, qui s'accorde très-mal avec ce qu'on sait sur la cristallisation de ce sel, et qu'on ne peut malheureusement pas songer à déterminer rigoureusement.

On trouve cette poussière cristalline dans l'écorce primaire, dans la moelle et dans le liber. J'aurai à montrer plus tard que les cellules libériennes destinées à sécréter de l'oxalate de chaux ont une tendance à se diviser en autant de compartiments qu'il y a de cristaux. Il est évident que quand il s'agit d'une poussière, cette division ne peut s'opérer, et que c'est ainsi que les cellules cristalligènes libériennes ont conservé leur forme prosenchymateuse primitive.

Les Cestrinées partagent avec les Solanées ce caractère cristallin. D'un autre côté, il y a quelques exceptions remarquables parmi les Solanées : j'ai déjà cité la Jusquiame; les genres *Fabiana* et *Nierembergia* sont probablement dépourvus de cristaux. Dans le *Nicandra physalodes* il n'y a pas de poussière cristalline, mais de gros cristaux simples dans le liber mou, etc.

On observe de petits cristaux tétraédriques (?) d'une netteté remarquable dans *Vestia lycioides* (écorce primaire et liber), *Lycium barbarum* (liber), *Sarracha* (écorce primaire), *Lycopersicum esculentum* (liber), *Capsicum*, *Solandra hirsuta*, *Brugmansia candida*, *Anisodus luridus*, *Atropa Belladona*, *Solanum*, *Scopolia*, etc.

2° *Raphides*. — De Candolle a donné le nom de raphides à des cristaux en forme d'aiguilles réunis parallèlement en un paquet unique. Il importe, pour la description, de ne pas donner ce nom à tous les cristaux aciculaires; nous verrons bientôt que les familles des Gesnériacées, Bignoniacées, Acanthacées (Thunbergiées), etc., et même des Scrofularinées, des Campanulacées et des Composées, possèdent des cristaux

Digitized by Google

tabulaires particuliers qui s'amincissent souvent jusqu'à la forme aciculaire (Bignoniacées, *Collandra aurea*, *nitens*, *Columnea*, etc.).

Comme on l'a observé depuis longtemps pour l'*Agave americana*, le suc de ces plantes produit sur la peau une espèce d'urtication plus ou moins persistante, due aux piqûres produites par ces cristaux.

Les vrais raphides ne sont pas très-fréquents chez les Dicotylédonées ; cependant on en trouve de très-beaux dans les grands rayons médullaires de la Vigne (*Vitis vinifera*) ; mais ils deviennent presque caractéristiques pour une grande partie de la famille des Rubiacées. On les rencontre dans l'écorce primaire et le liber. Dans beaucoup de cas, les cellules à raphides prennent un développement énorme relativement à celui des cellules voisines : par exemple dans le liber mou du *Bouvardia Jacquini*, où elles dépassent souvent trois à quatre fois le diamètre des cellules parenchymateuses libériennes.

On trouve des raphides dans les genres suivants : *Rubia*, *Asperula*, *Crucianella*, *Phyllis*, *Sipanea*, *Bouvardia*, *Putoria*, *Hamelia*, *Psychotria*, *Diodia*, etc.

Les genres *Coprosma*, *Gardenia*, *Rondeletia*, *Pavetta*, *Ixora*, possèdent d'autres formes cristallines ; enfin il y a des Rubiacées dans lesquelles je n'ai pas trouvé de cristaux.

3° *Agglomérations de cristaux*. – La forme agglomérée est, sans contredit, la plus fréquente, et en même temps la moins caractéristique des formes cristallines. On l'observe très-fréquemment mêlée à des cristaux simples clinorhombiques ou concurremment avec ces derniers dans la même plante, mais dans une autre partie de la plante ; il ne faut donc pas être étonné de rencontrer dans la même famille, tantôt des agglomérations, tantôt des cristaux simples. Cependant les agglomérations sont assez constantes dans la famille des Caprifoliacées, sauf dans les *Sambucus*, qui diffèrent, du reste, des autres Caprifoliacées par plusieurs caractères anatomiques qui semblent les rapprocher davantage des Araliacées.

Digitized by Google

4° *Cristaux clinorhombiques simples à faces planes.* — Les mêmes observations s'appliquent aux cristaux clinorhombiques plans ou diversement modifiés. Ils sont très-beaux dans la Vigne, dans les Mûriers, le Bouleau, le Chêne, le Platane, l'écorce primaire des Aurantiacées, *Melianthus major* (énormes), et dans le *Pittosporum Mayii.*

5° *Cristaux clinorhombiques simples à faces creuses.* — Ces cristaux, qui ne sont pas très-rares dans un certain nombre de plantes, deviennent très-caractéristiques pour les Clusiacées ainsi que pour les Hypéricinées (*Ancistrolobus*), et rattachent ces familles aux Ternstrœmiacées, où on les trouve cependant déjà mêlés avec des agglomérations ou des macles (*Visnea*), ou même déjà remplacés d'une manière complète (raphides) dans le liber de *Sarauja macrophylla.*

6° *Cristaux maclés de diverses manières.* — *a.* Dans quelques Apocynées et Asclépiadées on trouve, dans le liber, des cristaux d'une forme bien étonnante, un peu variable il est vrai, mais souvent d'une régularité parfaite. Dans le Laurier-rose (*Nerium Oleander*), où ils sont les mieux conformés, ils paraissent être composés d'un double tronc de pyramide central et de deux autres troncs de pyramide accolés aux troncatures du précédent par leurs propres troncatures. Ces cristaux ne sont pas purs, mais ordinairement mélangés à des formes plus irrégulières, quoique de même nature, et à des cristaux clinorhombiques simples. Dans les autres Apocynées, ils sont bien moins développés (*Allamanda verticillata, Cerbera Manghas*) ; très-maclés, ou tout à fait remplacés par des cristaux simples (*Tabernæmontana*), ou agglomérés (*Beaumontia*). Parmi les Asclépiadées, le *Periploca græca* reproduit cette forme mieux qu'aucune Apocynée ; mais dans la plupart des Asclépiadées elle est également remplacée par d'autres formes cristallines.

b. Il existe un grand nombre de formes cristallines maclées, qui sont plus ou moins bien cantonnées dans le liber mou. Les plus singulières sont, par exemple, celles de l'Orme, de quelques

Digitized by Google

Éricacées, celles de quelques Euphorbiacées (*Bischoffia*), d'*Amyris maritima*. Mais comme il serait difficile de décrire toutes ces formes sans de nombreuses figures, je me borne à quelques exemples.

7° *Formes variées indéterminées.* — Pour montrer jusqu'où peut aller la complication des formes cristallines de l'oxalate de chaux, et en même temps leur constance, qui ne le cède en rien à celle qu'on admire tant, et avec raison, dans beaucoup de minéraux de composition complexe, je citerai seulement une Sapindacée, le *Dodonæa triquetra*, dont le liber renferme de nombreux cristaux d'une forme très-bizarre.

Je m'arrête pour ne pas allonger outre mesure cette description en posant une question qui se présente naturellement à l'esprit. A quoi faut-il : attribuer 1° la variété de formes dans des plantes différentes? 2° leur constance dans la même plante, et surtout dans des espèces distinctes appartenant à une même famille naturelle?

J'ai montré dernièrement l'influence de la nature chimique du milieu sur la forme cristalline de l'oxalate de chaux. Il est évident que cette influence doit se faire sentir ici; car rien n'est plus constant dans une même famille que les produits immédiats particuliers qu'on y rencontre, et l'on sait que les propriétés médicales d'une plante appartiennent très-souvent à un grand nombre ou même à toutes les plantes de la même famille. Outre cette influence du milieu, il y en a sans doute d'autres encore qui prennent leur source dans l'organisation intime du végétal, et qui nous échappent complétement jusqu'ici ; la cristallisation de l'oxalate de chaux en est l'expression immédiate, et elle mérite, par conséquent, d'être étudiée avec un soin extrême, non-seulement au point de vue descriptif, mais au point de vue physique et chimique.

La place des cellules cristalligènes dans l'écorce primaire varie beaucoup; cependant elles ont une tendance marquée, comme, du reste, presque toutes les cellules sécrétrices, à se disposer en files verticales (cellules à tannin). C'est en effet dans

Digitized by Google

la région interne, voisine du liber, que l'oxalate de chaux se dépose de préférence ; mais cette règle est très-souvent troublée par la loi empirique que j'ai citée plus haut (dépôt dans le voisinage ou à l'intérieur des cellules scléreuses, en dehors d'un périderme naissant, etc.).

A l'aide de ces deux règles qui ressortent clairement d'une multitude d'observations, on se rend facilement compte de la plupart des dispositions qu'on peut rencontrer.

Ainsi, par exemple, supposons que nous ayons affaire à une écorce primaire homogène très-développée, voici quelle sera la distribution des principaux matériaux :

Épiderme ;

Parenchyme à petites cellules cylindriques légèrement allongées verticalement, gorgées de chlorophylle dont la quantité diminue de l'extérieur vers l'intérieur.

Ce parenchyme passe à un parenchyme à cellules plus larges, isodiamétriques ou allongées tangentiellement, contenant de l'amidon, ou privées d'un contenu solide, entremêlées d'un nombre croissant de cellules cristalligènes.

Plus tard certaines cellules se sclérifient, et les autres cellules, voisines des parties dures, perdent aussitôt leur chlorophylle ou leur amidon, et se chargent d'oxalate de chaux.

Absence de cristaux. — Beaucoup de plantes, et notamment des plantes herbacées, manquent de cristaux, ou n'en produisent que de très-petites quantités (Campanulacées, Composées, etc.).

D. Les cellules laticifères.

Tout le monde connaît la constance de ces petits organes dans un même groupe naturel, qui n'ont pas été de ma part l'objet de recherches particulières, attendu que le mémoire de M. G. David (1) est si parfait, qu'il dispense à peu près complétement de l'étude des cellules laticifères de l'écorce primaire. Cet auteur les considère dans les Euphorbiacées, les

(1) *Ueber die Milchzellen der Euphorbiaceen*, etc. Breslau, 1872.

Digitized by Google

Morées, les Apocynées, les Asclépiadées, comme des cellules appartenant au parenchyme fondamental, douées d'un accroissement propre très-considérable, qui les oblige à s'insinuer dans les interstices laissés par les autres cellules. On ne peut pas se dissimuler qu'il existe dans ce cas une analogie très-grande entre ces cellules et les fibres pseudo-libériennes qu'on trouve si souvent répandues dans le parenchyme fondamental, et que l'opinion de Schacht, qui considérait les vaisseaux laticifères comme des fibres libériennes, se trouve ainsi en quelque sorte confirmée. Dans tout ce que j'ai vu des cellules laticifères de l'écorce primaire, je n'ai pas rencontré un seul cas qui ne confirme pleinement les résultats obtenus par M. David. Il ne s'agit plus que de les étendre, si cela est possible, aux laticifères du liber mou, comme nous le verrons plus loin.

Je ne comprends pas sous le nom de *laticifères* les canaux sécréteurs des Guttifères, des Ombellifères, etc.; ce sont des glandes résinifères ou oléifères privées de membranes propres (1). Mais il faut rapprocher des cellules laticifères un certain nombre de cellules sécrétrices privées de ce pouvoir particulier d'extension (*Hartigsea*, Méliacée), et chargées de matières d'une nature voisine de celle du latex. Avec cette nouvelle manière de voir, la limite qui séparait les laticifères des autres cellules sécrétrices tend à s'effacer de plus en plus; la nature du produit sécrété seule, et peut-être cet accroissement individuel particulier que les fibres pseudo-libériennes et même les cellules scléreuses partagent avec les laticifères, deviennent les caractères essentiels de ces organites. La position des cellules laticifères varie peu; elles se trouvent surtout dans la partie interne, voisine du liber de l'écorce primaire.

E. Les cellules scléreuses.

Les cellules scléreuses sont primitivement parenchymateuses; leurs parois se lignifient et s'épaississent d'une manière caractéristique. La lignification est tout à fait essentielle, et

(1) Comparez les travaux de MM. A. Trécul, Hanstein.

Digitized by Google

peut déjà distinguer des cellules dont les parois sont à peine épaissies, non loin du point de végétation. Suivant que l'épaississement est plus ou moins fort, il y a de simples ponctuations arrondies, ou des canalicules simples ou rameux. L'épaississement peut aller jusqu'à l'oblitération complète de la cavité cellulaire; c'est là une belle preuve de l'accroissement par intussusception de la membrane cellulaire elle-même; les cellules scléreuses peuvent être en même temps cristalligènes, comme il a été dit plus haut. Quant à leur accroissement, il faut distinguer deux cas : 1° les cellules scléreuses conservent leur volume primitif, et ne se distinguent des cellules parenchymateuses voisines que par l'épaisseur de leurs parois; 2° les cellules scléreuses sont douées d'un accroissement propre comparable à celui des fibres libériennes et des laticifères. Les exemples du premier cas sont les plus fréquents; il en est presque toujours ainsi quand les cellules scléreuses sont en petit nombre, et que le parenchyme est assez consistant. Pour ne choisir que des exemples très-frappants, observons la coupe transversale de l'écorce primaire du *Brunsfelsia americana*, nous verrons à la limite du liber une couche continue de cellules scléreuses à peu près cubiques, entremêlées d'autres cellules (fibres libériennes?), environ deux fois plus longues, également épaissies et canaliculées; plus en dehors, et accompagnant les fibres libériennes qui sont disposées assez loin du liber mou au milieu du tissu cortical primaire, et plus extérieurement encore, franchement au milieu de l'écorce primaire, on trouve des groupes irréguliers de cellules sclérifiées, dont le volume ne dépasse pas celui des cellules parenchymateuses voisines. Dans les *Magnolia*, le *Volkameria*, etc., nous trouvons des cellules scléreuses ramifiées de mille manières, insérant leurs prolongements dans les méats intercellulaires que laissent entre elles les cellules voisines.

Les cellules scléreuses n'épaississent pas toujours également toutes leurs parois; il arrive quelquefois que certaines d'entre elles s'épaississent seules, tandis que les autres restent minces. C'est un fait que nous rencontrerons très-souvent dans le suber,

Digitized by Google

mais qui est beaucoup plus rare pour les cellules scléreuses du tissu fondamental.

Dans l'écorce primaire d'*Æschynanthus grandiflorus* (Cyrtandracée), on trouve par-ci par-là des groupes de cellules scléreuses d'un aspect tout particulier, avec les parois internes et latérales seules épaissies ; tout au contact du liber mou, il y a une assise continue de ces cellules scléreuses qui représente peut-être la gaîne protectrice.

Les cellules scléreuses sont isolées ou réunies en groupes (sclérites). C'est très-souvent à l'entrée des grands rayons médullaires, au niveau des fibres libériennes primaires, que les premières apparaissent; elles forment alors avec les fibres un cylindre complétement fermé, très-solide, qui sert de gaîne au liber mou (Oléinées, Amentacées, Acérinées). D'autres fois, elles apparaissent au contact des fibres libériennes, sur un point quelconque (*Paulownia*, Protéacées). Enfin on les voit se développer d'abord très-irrégulièrement dans toutes les parties de l'écorce primaire; rarement elles sont réunies en zones continues.

Les cellules qui nous occupent sont le plus souvent, si ce n'est toujours, de formation essentiellement secondaire, c'est-à-dire qu'avant de se sclérifier, elles ont joué un autre rôle. La sclérification intervient comme un agent puissant dans les modifications que subit l'écorce par les progrès de l'âge. L'écorce primaire, ainsi que le liber, et quelquefois même certaines cellules épidermiques (*Hibiscus syriacus*), se garnit d'un nombre croissant de sclérites disséminés dans toute son épaisseur, et ces sclérites en augmentent considérablement la dureté, la résistance au choc, à l'usure, aux instruments tranchants et à la putréfaction.

Rôle physiologique des cellules scléreuses. — Deux opinions très-différentes ont été émises au sujet du rôle physiologique des cellules scléreuses :

1° M. J. D. Hooker leur attribue simplement un rôle de protection ou plutôt de soutien (squelette).

Digitized by Google

2° M. Buch (1) n'admet cette opinion que pour quelques plantes, et M. Cohn (2) ne les considère que comme des magasins de cellulose superflue.

D'après mes observations, je dois admettre complétement l'opinion formulée par M. Hooker :

Les cellules scléreuses servent à protéger des parties délicates lorsqu'elles sont très-nombreuses, et surtout lorsqu'elles sont réunies en tissus; mais elles peuvent servir de soutien lorsqu'elles sont moins nombreuses.

Je résume aussi brièvement que possible les arguments que je crois pouvoir opposer à l'opinion de M. Cohn :

1. On n'a jamais observé la dissolution des parois des cellules scléreuses de la tige.

2. Dans un très-grand nombre de cas, les cellules scléreuses sont disposées de telle manière à l'entrée des rayons médullaires, qu'elles forment avec les fibres libériennes un cylindre solide continu.

3. La sclérification, comme phénomène secondaire, s'opère très-souvent, dans le liber, par couches parallèles disposées évidemment de manière à protéger des parties molles situées entre elles (voy. *Liber*).

4. Quelquefois les cellules scléreuses sont entourées d'un tissu subéreux, preuve qu'elles ne doivent plus se redissoudre, et que leurs canalicules ne servent qu'à l'accroissement, mais non à la corrosion.

5. Les tiges qui possèdent un collenchyme bien développé présentent rarement beaucoup de cellules scléreuses.

F. Les cellules à tannin (3).

La forme des cellules à tannin ne se distingue pas de celle des parenchymateuses; leur contenu est généralement très-

(1) *Ueber Sclerenchymzellen.*

(2) Rud. Müller, *Die Rinde unserer Laubhölzer*. Breslau, 1875, p. 34.

(3) M. A. Trécul, *De la gomme et du tannin dans le* Conocephalus naucleiflorus (*C. R.*, t. LXVI, p. 575; *Ann. des sc. nat.*, 5e série, t. IX, p. 274). — *Du tannin dans les Légumineuses* (*Ann. des sc. nat.*, 5e série, t. IV, p. 378).

Dans ce travail important, M. Trécul prouve l'existence, pour les Légumineuses,

Digitized by Google

légèrement jaunâtre, et surtout plus réfringent que le contenu des cellules voisines. Au contact des alcalis (potasse, ammoniaque), il se trouble et brunit (sans doute en absorbant de l'oxygène) ; les sels de fer le colorent souvent, mais non toujours, en bleu noirâtre ; mais le réactif dont l'emploi mérite la préférence, est celui qu'indique M. Sanio. En effet, tous ceux que je viens de nommer produisent dans les cellules un liquide qui coule et salit les cellules voisines, de manière à troubler la netteté de l'image. M. Sanio recommande le bichromate de potasse, dans lequel on fait macérer les parties de plantes qu'on veut étudier ; il se produit alors dans les cellules un précipité rouge brun qui se prend en masse, et se coupe très-bien sans se désagréger.

Les cellules à tannin peuvent se trouver dans toutes les parties de l'écorce, écorce primaire et liber. Dans l'écorce primaire, elles sont généralement disposées par files verticales, de préférence dans les régions externes. Malgré les travaux importants dont les cellules ont été l'objet de la part de plusieurs auteurs (MM. Karsten, Trécul, Wigand), leur histoire et leur rôle sont encore fort obscurs ; les difficultés qu'on rencontre dans cette étude doivent être attribuées en grande partie à l'imperfection des méthodes chimiques pour la détermination du tannin et des corps voisins.

G. Les fibres.

J'ai eu déjà plusieurs fois l'occasion de parler de ces fibres isolées ou réunies en groupes, qu'on trouve dans l'écorce primaire d'un assez grand nombre de plantes, et qui ont absolument l'aspect de fibres libériennes, sans qu'on puisse trouver une relation morphologique avec les vraies fibres libériennes. Je les ai plusieurs fois désignées sous le nom de *fibres pseudo-libériennes* (*Russelia*, *Hexacentris*, plusieurs Labiées, Scrofularinées, etc.).

de cellules à tannin : 1° intra-libériennes ; 2° une ou deux séries sur chacun des côtés des faisceaux du liber, ou encore éparses, ou groupées sous les faisceaux de fibres libériennes.

Digitized by Google

Il suffit d'ajouter qu'il ne faut pas confondre ces fibres avec les vraies fibres libériennes qu'on trouve quelquefois assez loin du liber mou, au milieu du tissu de l'écorce primaire, soit isolées, soit réunies en paquets ou en faisceaux, soit enfin disposées en une zone plus ou moins éloignée du liber mou (Cucurbitacées, etc.).

H. Les lacunes à gomme.

Nous avons vu une espèce de gummification s'établir dans la membrane primaire et les couches d'épaississement moyennes des parois cellulaires; de cette simple altération d'une partie de la membrane à la transformation chimique de la cellule entière, et par conséquent à la formation de lacunes remplies de gomme, il n'y a qu'un pas à faire. Les travaux de MM. Wigandt, A. B. Frank et Trécul nous ont appris à différencier morphologiquement les lacunes et les glandes résinifères : dans les lacunes à gomme, la destruction des cellules est essentielle, quoique précédée d'une sécrétion de gomme (1); dans les glandes résinifères, au contraire, si elle existe, elle n'est que consécutive; les glandes résinifères sont primitivement des méats intercellulaires, tandis que les lacunes à gomme sont des cavernes causées par la destruction de cellules.

Les lacunes à gomme ne sont pas très-fréquentes dans l'écorce; c'est dans quelques Malvoïdées qu'on les observe le mieux. Ce sont des espaces allongés verticalement, bordés par des utricules qui ne diffèrent en rien des cellules parenchymateuses voisines, et dont la membrane tournée vers la lacune est le plus souvent en voie de transformation évidente. Souvent on voit des couches hyalines, gonflées, reproduire encore, mais en grand, la stratifi-

(1) Tout récemment encore, à propos d'une note de M. J. Chatin sur les glandes des Rutacées, Aurantiacées, Diosmées, M. Trécul a soutenu, et je crois victorieusement, son opinion d'après laquelle la formation des lacunes à gomme commencerait toujours par une sécrétion de matière gommeuse dans la cellule même, qui se confond ensuite, contenu et contenant, en une seule masse. La distinction entre glande à gomme et glande résinifère ou oléifère ne devient impossible que dans le cas d'une glande unicellulaire, à moins d'examiner chimiquement le contenu. (Voy. *Comptes rendus*, t. LXXXI, p. 504, et t. LXVI, p. 575.)

Digitized by Google

cation de la membrane cellulosienne. De telles préparations ne laissent aucun doute sur l'origine de la gomme dans ces plantes.

Outre les Malvacées et les familles voisines, le *Bischoffia javanica* (Euphorbiacée) présente le même phénomène.

Il est inutile de faire observer que toute la gomme des plantes ne se produit pas de cette manière. Il n'existe rien de semblable dans bien des Malvacées qui sont néanmoins très-mucilagineuses, et la gomme de nos Amygdalées peut se produire d'une manière toute différente, d'après une étude récente de M. Prillieux (1).

Voyez, pour les lacunes à gomme du liber, le chapitre *Liber*.

I. Les glandes résinifères et oléifères.

Les glandes résinifères et oléifères canaliformes qui se trouvent dans le tissu fondamental se rattachent d'ordinaire très-nettement aux faisceaux fibro-vasculaires, comme l'a très-bien démontré M. Van Tieghem pour un grand nombre de plantes. Leur structure est très-nette et très-constante : une, deux ou plusieurs assises de cellules, différentes par leur forme des cellules parenchymateuses voisines, sont disposées autour d'un méat intercellulaire où elles déversent le produit de sécrétion (Guttifères, Ombellifères, Composées).

A ces glandes canaliformes se rattachent les glandes sphériques particulières, sans relation avec les faisceaux fibro-vasculaires, souvent décrites, accompagnées de destruction de cellules, des Aurantiacées, Rutacées, Diosmées (2), *Amyris* (3).

Il ne m'appartient pas de faire l'histoire de tous ces organes, mais il fallait les nommer, à cause de leur position dans l'écorce primaire et de leur constance, qui fait de leur présence ou de leur absence un caractère anatomique des plus importants.

(1) *Annales des sciences naturelles*, 6e série, t. I, p. 176.

(2) Voyez, pour la formation de ces glandes, la note de M. J. Chatin (*Comptes rendus*, t. LXXXI, p. 502).

(3) Van Tieghem, *loc. cit.* — A. Engler, *Studien über die Verwandtschaft d. Rutaceæ*, etc. (*Bot. Zeit.*, 1874).

Digitized by Google

IV. De différentes modifications que subit l'écorce primaire par les progrès de l'âge.

Parmi les modifications qui peuvent se produire spontanément (c'est-à-dire sous l'influence d'un périderme situé plus profondément), il faut citer, outre la sclérification, un aplatissement des cellules accompagné d'une espèce d'accolement des parois cellulaires, avec oblitération plus ou moins complète des cavités cellulaires, suivie ou non d'épaississement, et qui peut conduire à la formation de masses cellulosiennes compactes très-volumineuses. M. Wigandt a donné à des formations semblables le nom malheureux de *prosenchyme corné*, nom que je transformerai simplement, quand il y aura lieu, en celui de *parenchyme corné*, qui s'accorde mieux avec la forme des cellules.

Ce phénomène se produit souvent avec une netteté parfaite dans les plantes herbacées, dont la gaîne protectrice se subérifie. Ainsi, dans le *Gentiana asclepiadea*, les deux assises extérieures de l'écorce primaire conservent leur forme primitive; mais les cellules des deux ou trois rangées qui viennent ensuite s'aplatissent; leurs parois s'épaississent et s'accolent, de manière à former sur la coupe transversale une traînée cellulosienne marquée de distance en distance de petites fentes ou de petites lignes, derniers vestiges des cavités cellulaires. Cette masse cellulosienne est séparée de la gaîne Casparienne par une seule rangée de cellules.

Nous verrons que ce phénomène assez rare, quand il n'est pas provoqué par une cause quelconque, comme le ralentissement dans la circulation par l'établissement d'un périderme ou la compression exercée par d'autres parties douées d'un accroissement très-vif, se présente souvent dans le rhytidome, et ne manque pas non plus dans le liber mou, où il acquiert souvent une grande importance.

Annexe à l'écorce primaire. — Les rayons médullaires, qui appartiennent au tissu fondamental, ou les *grands rayons*, pré-

Digitized by Google

sentent une structure conforme à celle de l'écorce primaire. Dans la partie externe, les cellules sont même souvent rangées régulièrement et disposées transversalement; elles peuvent se diviser comme celles de l'écorce primaire, et écarter ainsi les faisceaux libériens; dans la partie interne, leurs cellules se dirigent radialement (à moins que la partie parenchymateuse de la tige l'emporte de beaucoup sur la partie fibro-vasculaire) et ne se divisent pas.

La hauteur des rayons médullaires primaires dépend du parcours des faisceaux eux-mêmes, et par conséquent, jusqu'à un certain point, de la production des feuilles sur l'axe. Il y a un certain nombre de plantes où ils s'étendent sans interruption d'un nœud à l'autre, et où les fibres libériennes primaires sont parallèles.

Tantôt les cellules restent minces ou s'épaississent toutes d'une manière uniforme; tantôt certains groupes de cellules se sclérifient. La sclérification se fait de préférence au niveau des premières fibres libériennes, et les parties dures forment alors avec les fibres un cercle solide autour des tissus intérieurs. Les cellules des rayons médullaires contiennent, comme celles de l'écorce primaire, de la chlorophylle, de l'amidon, des cristaux, et souvent du tannin.

La forme des rayons médullaires primaires est sensiblement supplémentaire de celle des faisceaux libériens. Quand ceux-ci présentent une section triangulaire avec un angle dirigé en dehors, les rayons médullaires ont une section triangulaire avec un côté tourné en dehors (Malvoïdées). La forme peut varier jusqu'à une disposition à peu près inverse, et je pense qu'elle n'est pas sans importance pour la botanique descriptive.

CHAPITRE III.

LE LIBER.

I. — Sous le nom de *liber* on entendait simplement autrefois l'ensemble des fibres libériennes, souvent disposées par couches alternant avec du parenchyme, et imitant par conséquent

Digitized by Google

les feuillets d'un livre. Le parenchyme lui-même, déjà aperçu par Malpighi, n'a été considéré longtemps que comme du parenchyme semblable à celui de l'écorce primaire (*parenchyme médullaire* de Dutrochet); ce n'est en effet qu'après la belle découverte de Th. Hartig que cette partie de l'écorce a attiré sérieusement l'attention des botanistes. Ce fut en 1853 que Hartig découvrit dans le liber un nouvel élément auquel il donna le nom de « cellule grillagée ». Il décrivit avec soin les cloisons transversales de ces cellules dans *Cucurbita*, et montra, déjà à cette époque, que ces cloisons sont percées, fait qui a été tour à tour nié et affirmé, et qui est aujourd'hui acquis à la science. Les cellules grillagées de *Cucurbita* ont été étudiées de nouveau par MM. Hanstein et Nægeli, mais rien d'essentiel n'a été ajouté aux travaux de Hartig. H. von Mohl a publié dans le *Botanische Zeitung* (1) une courte note dans laquelle il expose ses observations sur les cellules grillagées; mais cette note, malheureusement trop succincte, est le seul travail comparé que nous possédions sur ces organes. Voyant avec quelle constance ils se trouvent dans toutes les plantes dicotylées, on n'a pas manqué de les considérer comme très-importants, et dès lors le mot de « liber » a été appliqué à tout le système de fibres et de parenchyme.

II. — Le faisceau fibro-vasculaire se compose d'un système ligneux et d'un système libérien; chacun de ces systèmes n'est défini que par la nature de ses éléments. Les éléments du système ligneux sont lignifiés, et leurs membranes cellulaires se colorent en jaune par l'acide sulfurique et l'iode, tandis qu'ils ne se colorent en bleu par les mêmes réactifs qu'après l'oxydation de la matière particulière qui les imprègne (? *vasculose*, Fremy) par un réactif approprié, l'acide chromique, par exemple; elles se colorent en jaune par l'aniline additionnée d'un peu d'acide sulfurique (2). Ces éléments ne contiennent que très-peu de matières albuminoïdes, tandis que les éléments du système libérien en sont remplis; une partie au moins des éléments du liber ren-

(1) Mohl, *Einige Andeutungen über den Bau des Bastes* (*Bot. Zeit.*, 1855).
(2) Wiesner, *Sitzungsb. d. k. k. Akad. d. Wiss.* Vienne, 1874.

Digitized by Google

ferme un abondant protoplasma qui ne paraît pas servir uniquement à la vie et au développement individuels de ces cellules, mais qui doit jouer un rôle important dans la vie de toute la plante : on sait déjà que c'est cette partie de la tige qui est le siége de la circulation de la séve élaborée. Les éléments du liber ne sont que rarement lignifiés (fibres libériennes), leurs membranes présentent nettement la réaction de la cellulose.

La meilleure manière de reconnaître ces deux systèmes, c'est de se familiariser avec l'aspect des éléments qui les composent : vaisseaux, fibres ligneuses, parenchyme ligneux d'un côté, et cellules grillagées, parenchyme libérien et fibres libériennes, de l'autre.

L'élément tout à fait caractéristique du système libérien est la cellule grillagée, et là où cet élément manque il ne faut parler de liber qu'avec une extrême réserve, et surtout n'appliquer ce mot à des tissus situés ailleurs qu'à la place ordinaire du liber que quand il y a des raisons sérieuses pour le faire (voy. les Protéacées).

Il peut paraître étrange, au premier abord, de ne pas trouver ici les définitions ordinaires du liber telles que celle-ci : partie corticale du faisceau fibro-vasculaire, ou partie du faisceau fibro-vasculaire située en dehors de l'anneau cambial. Très-souvent ces définitions sont exactes ; mais, dans un grand nombre de familles, on trouve du liber ailleurs qu'à la place désignée comme caractère unique du liber : il faut donc y renoncer.

Bien des faits de ce genre sont déjà connus, mais ils n'ont jamais été réunis, et j'ai eu le bonheur d'en ajouter un certain nombre de nouveaux.

Pour éviter les malentendus, il faut dire qu'il ne sera pas question, dans le présent mémoire, des faisceaux libres (caulinaires, *stammeigene Strænge*) qui existent dans un assez grand nombre de Dicotylées, et qui ont été l'objet d'un mémoire intéressant de M. Sanio (1).

III — Dans les Dicotylées il y a toujours du liber en dehors du faisceau fibro-vasculaire : c'est le cas considéré généralement

(1) *Ueber endogene Gefässbündelbildung*, etc. (*Bot. Zeit.*, 1861).

Digitized by Google

comme la règle. Mais il peut y avoir du liber à l'intérieur du faisceau dans la partie connue sous le nom d'étui médullaire, entre les trachées et la moelle; il peut même y en avoir au milieu du bois, complétement noyé au milieu du tissu lignifié du faisceau fibro-vasculaire.

Unger cite déjà comme exceptions quelques plantes qui possèdent du liber à l'intérieur du bois.

Mohl parle des faisceaux libériens qui se trouvent à la face interne du bois chez les Asclépiadées, les Cucurbitacées, etc.

M. Dippel décrit et figure le tissu libérien intérieur qu'on trouve dans le *Cucurbita*.

Dans la plupart des ouvrages élémentaires, il n'en est pas question, ou ce fait n'est indiqué que par quelques mots, à l'exception de la structure trop frappante des lianes appartenant à plusieurs familles (Bignoniacées, Ménispermacées, etc.).

L'idée de réunir et de lier entre eux, si c'est possible, ces différents cas anormaux est donc parfaitement justifiée, et le premier résultat de ce travail a été de montrer que ce mode de structure n'est pas aussi exceptionnel qu'on pourrait le penser d'abord; non-seulement il se trouve dans un nombre très-considérable de familles, mais il offre des variations anatomiques dignes d'être décrites en détail.

L'étude du liber dans un très-grand nombre de plantes permet de poser comme loi :

1° Que le liber extérieur existe toujours à l'état de développement parfait de la tige.

2° Que le liber intérieur n'est jamais *qualitativement* plus développé que le liber extérieur, c'est-à-dire que si, par exemple, le liber extérieur est dépourvu de fibres libériennes, le liber intérieur n'en possède jamais. *Quantitativement*, le liber intérieur peut être beaucoup plus développé que le liber extérieur, mais il ne possède jamais une espèce d'éléments de plus.

IV. — Pour bien faire comprendre ce qui va suivre, il est indispensable de dire quelques mots sur le mode de formation et d'accroissement du liber. D'abord il peut être primaire, c'est-à-dire résulter de la transformation directe des éléments du

Digitized by Google

procambium : il peut être secondaire et provenir d'un cambium dont les cellules, en se divisant, en augmentent l'épaisseur. Quelle que soit au surplus sa provenance, remarquons que le tissu libérien peut se comporter de deux manières différentes : *a.* quitter aussitôt l'état méristématique et prendre et conserver une forme définitive sans se multiplier ; *b.* conserver, au moins pendant quelque temps, le pouvoir de diviser soit toutes ses cellules, soit quelques-unes d'entre elles seulement ; dans le premier cas, l'accroissement, s'il existe, se fait par *apposition* de nouveaux éléments dans une direction déterminée ; dans le second, par *extension* de toute la masse du tissu, ou par *intercalation* de petits îlots de tissu libérien nouveau.

V. — Voici maintenant les différentes positions que peut occuper le liber dans une tige dicotylédonée, réunies dans un tableau synoptique qui servira de guide dans la série de descriptions monographiques que j'aurai à tracer.

I.	Le *liber* peut être *primaire* et rester en *contact* avec un *cambium* qui en augmente l'épaisseur, et qui est :	A. *Extérieur* par rapport au bois.
		B. *Intérieur* par rapport au bois.
II.	Le *liber* peut être *primaire* et *privé* de toute relation avec un *véritable cambium ;* il s'accroît alors :	A. Par *intercalation.*
		B. Par un *faux cambium* (1) de formation postérieure.
III.	Le *liber* est *primaire* ou *secondaire ;* il se trouve à la *face interne*, ligneuse, du *cambium.* La partie du tissu libérien formé est bientôt recouverte de bois. Ce phénomène peut :	A. Se produire une seule fois.
		B. Se reproduire à des intervalles plus ou moins réguliers.

Quelques schémas, pour faciliter l'intelligence de cet exposé un peu abstrait à force d'être succinct, ne seront pas superflus. Je les marque par les mêmes signes que dans le tableau ci-dessus :

(1) Voyez les descriptions.

Digitized by Google

I A. *Clematis.*	I B. *Tecoma.*	II A. *Solanum.*	II B. *Lycium.*	III A. *Goodenia.*	III B. *Hexacentris*
écorce primaire	écorce primaire	écorce primaire	écorce primaire	écorce primaire	écorce primaire
liber	liber	liber	liber	liber	liber
cambium	cambium	cambium	cambium	cambium	cambium
bois	bois	bois	bois	bois	bois
					liber
moelle	cambium	liber	faux cambium	liber	bois
	liber		liber	bois	liber
					bois
	moelle	moelle	moelle	moelle	moelle

I A. Le faisceau procambial se différencie extérieurement en liber primaire, intérieurement en bois primaire; la couche située entre ces deux parties conserve indéfiniment le pouvoir de diviser ses cellules et de développer extérieurement du *liber secondaire*, intérieurement du *bois secondaire*.

Cette disposition, qui est de beaucoup la plus fréquente, sera décrite avec les éléments du liber.

I B. Le faisceau renferme du liber primaire en deux points différents : à l'extérieur et à l'intérieur; entre les deux se trouve le bois séparé de part et d'autre du liber par une zone de cambium.

En 1864, M. Sanio (1) a exprimé, dans une courte note, son étonnement de la structure d'un jeune rameau de *Tecoma radicans*.

Dans le rameau d'un à deux ans, la section de l'étui médullaire, dont la vraie place est marquée par les trachées, est circulaire, tandis que la section de la moelle est elliptique, et que

(1) *Bot. Zeit.*, 1864, p. 61.

Digitized by Google

les deux espaces en forme de croissant que laissent entre elles ces deux sections sont occupés par du bois secondaire extérieurement accolé au bois primaire, et par du liber du côté de la moelle : ce liber et ce bois sont séparés par un véritable cambium actif des deux côtés, formant constamment ainsi du bois extérieurement, et du liber intérieurement. Les grands rayons médullaires traversent ces tissus et s'allongent par l'activité du cambium (interfasciculaire) pour aller rejoindre la moelle. Le bois secondaire intérieur est composé, en partant des trachées du bois primaire, de parenchyme ligneux finement ponctué, entremêlé de quelques fibres et de gros vaisseaux ponctués aréolés ; puis vient une série de vaisseaux plus étroits dont les articles plus allongés sont séparés par des cloisons obliques percées d'un trou circulaire ou elliptique ; les parois de ces vaisseaux sont marquées de ponctuations aréolées et d'une fine spirale, ou d'une fine spirale seule. Le cambium est formé, comme toujours, par des cellules très-allongées, de même longueur que les articles des vaisseaux ; les cellules grillagées du liber intérieur appartiennent au type désigné sous le nom de tubes cribreux ; leurs cloisons transversales si caractéristiques sont très-développées, et leur longueur correspond exactement à celle des cellules cambiales.

Il est évident que ce cambium enfermé dans un épais cylindre de bois ne peut rester actif indéfiniment ; c'est donc dans les premières années qu'il faut observer cette particularité anatomique.

On n'a pas trouvé d'autre exemple de cette anomalie curieuse, qui paraît même être unique dans la famille des Bignoniacées. Mais il ne faut pas confondre ce vrai cambium intérieur avec une couche également génératrice qui se trouve à la même place dans un assez grand nombre de plantes, et que je désigne sous le nom de *faux cambium;* outre que ce dernier n'est pas primaire, mais de formation postérieure, il n'est jamais qu'unilatéral et ne produit pas de bois à sa face externe.

II A. *Le liber est primaire; il n'est point en contact avec*

Digitized by Google

un vrai cambium qui en augmente l'épaisseur par apposition en formant en même temps du bois de l'autre côte. — Le liber extérieur appartenant à l'écorce n'est jamais dans ce cas ; il s'accroît toujours à sa face interne par l'activité du cambium proprement dit.

Pour mettre un peu d'ordre dans l'exposition des exemples qui appartiennent à ce type, je distinguerai plusieurs cas, suivant la complexité plus ou moins grande du liber intérieur.

a. Le liber intérieur peut être composé de cellules grillagées, de parenchyme et de fibres libériennes.

b. Il ne renferme que des cellules grillagées et du parenchyme.

c. Il peut ne renfermer que des fibres libériennes (?).

d. Il ne consiste qu'en parenchyme (?).

C'est dans les familles des Cestrinées et des Solanées que nous trouvons le liber intérieur le plus complexe. Parmi les premières, le *Cestrum aurantiacum* et le *Iochroma tubiflora* peuvent servir d'exemple. Nous trouvons là, à la face interne du bois, des faisceaux volumineux de liber mou susceptible d'accroissement par division de ses cellules ; ces divisions se font quelquefois assez régulièrement, et alors le liber passe au type décrit en II B. Le liber mou est composé de parenchyme et de tubes cribreux très-larges. Du côté de la moelle, il est protégé par de nombreux paquets de fibres libériennes épaissies et ponctuées. Dans l'*Iochroma*, le liber mou intérieur est plus nettement ramassé en petits faisceaux séparés par du parenchyme médullaire ; la disposition des éléments semble encore indiquer la manière dont ils se sont primitivement divisés. Intérieurement ce liber est accompagné de fibres isolées ou de petits paquets d'une à six fibres très-volumineuses, épaissies au point d'oblitérer leurs cavités cellulaires et ponctuées canaliculées.

L'*Habrothamnus fasciculatus* ne diffère, quant au liber intérieur, de ces deux genres que par la rareté des fibres libériennes, qui sont presque toujours isolées, mais souvent accompagnées de cellules médullaires scléreuses.

Dans la famille des Solanées, le liber intérieur est extrême-

Digitized by Google

ment développé et souvent accompagné de fibres en nombre bien plus considérable que les fibres libériennes extérieures; mais, conformément à ce qui a été dit plus haut, on ne rencontre jamais ces organes dans la moelle quand ils n'existent pas dans l'écorce. Ordinairement le liber intérieur n'est pas tout à fait accolé au bois, mais il reste entre ces deux parties un peu de tissu médullaire, sauf dans les genres si particuliers sous d'autres rapports, *Nierembergia* et *Fabiana*, et dans le *Petunia violacea*, qui ont un faible liber mou intérieur accolé à l'étui médullaire. Le liber mou prend généralement la forme de petits îlots, dont la section dépasse rarement celle d'une cellule médullaire, et accompagnés de quelques fibres libériennes (*Datura*, *Hyoscyamus*, *Physalis*, *Atropa* (1), *Anisodus*, *Solandra eximia*, *Brugmansia*, *Solanum*, etc.), ordinairement très-nombreuses, disséminées fort loin dans la moelle (*Anisodus luridus*), et parfois plus épaissies que celles du liber extérieur (*Scopolia orientalis*). Mais assez souvent il n'y a pas de fibres dans le liber intérieur (*Nierembergia*, *Fabiana*, *Nicotiana*, *Lycopersicum esculentum* (toujours?), *Petunia violacea*.

En somme, toutes les Cestrinées et toutes les Solanées que j'ai étudiées m'ont présenté un liber intérieur dont le développement rivalise avec celui du liber extérieur, et il serait intéressant d'étudier le rôle de ce liber intérieur sur des plantes vivantes.

On observe un liber intérieur tout aussi compliqué, accompagné de fibres libériennes, dans d'autres familles, telles que les Nolanées (*Nolana prostrata*), caractère qui lie cette famille à celle des Solanées, dont elle se rapproche encore par ce sable tétraédrique (?) dont il a été question plus haut.

Si nous passons maintenant à la structure plus simple sans fibres, il faut citer des exemples tirés d'un grand nombre de familles.

Dans la tige des Cucurbitacées on trouve dix faisceaux fibro-vasculaires : cinq gros, et cinq petits placés plus en dehors

(1) Dippel, *Das Mikroskop*, p. 146.

Digitized by Google

alternant avec les premiers ; chacun de ces faisceaux présente à sa face interne (tournée vers la moelle) un peu de tissu libérien composé de cellules grillagées (tubes cribreux) semblables à celles du liber extérieur et du parenchyme. Ce liber est d'origine primaire, mais bientôt on voit apparaître des cloisons longitudinales qui divisent les cellules primitives, de sorte que toute la masse libérienne s'accroît dans tous les sens. Dans les genres où la tige devient fistuleuse (*Cucurbita*) ce phénomène n'a pas d'autre conséquence anatomique que de rétrécir quelque peu la cavité médullaire ; mais il en est tout autrement dans le *Bryonia dioica* (pl. 11, fig. 1). Quand on observe la tige de cette plante au printemps, on trouve une moelle énorme, à grandes cellules cylindro-prismatiques ; mais en automne la moelle a complétement disparu, sans que, pour cela, la tige soit devenue fistuleuse. Le liber intérieur des grands faisceaux s'est accru par la division de ses éléments, au point de remplir complétement l'espace qu'aurait laissé la moelle résorbée ; ces cinq faisceaux libériens se soudent à leur rencontre et ne sont plus séparés que par des masses, ou plutôt de petits murs cellulosiens, espèce de tissu corné produit peut-être par des cellules aplaties et modifiées d'une manière particulière.

Dans les Borraginées, le liber intérieur, s'il existe, ressemble à celui des Solanées, qui ne possèdent pas de fibres ; mais, en général, il tend à disparaître dans cette famille. Très-volumineux et disposé par faisceaux dans le *Grabowskya boerhaaviæfolia*, il paraît faire défaut aux autres Tournefortiées ; chez le *Borrago officinalis*, il est souvent assez développé et s'avance en forme de coin dans la moelle ; dans quelques autres genres (*Nonnea*, *Symphytum*), il est très-faible, mais on y trouve encore des tubes cribreux ; dans beaucoup d'autres, enfin, il se dégrade de plus en plus, et sa place n'est plus indiquée que par un peu de parenchyme séveux que toutes ces transitions si nettes pourraient faire considérer comme du parenchyme libérien : celui-ci manque lui-même dans plusieurs genres (*Tournefortia*, *Heliotropium*), où l'on trouve à sa place du parenchyme médullaire très-épaissi.

Digitized by Google

Dans les Convolvulacées, le liber intérieur est extrêmement développé ; il se compose de tubes cribreux et de cellules grillagées. Dans le *Dichondra repens* et le *Falkia repens*, il est énorme, disposé en deux paquets, collenchymatoïde par parties et semblable au liber extérieur de ces plantes. Les autres genres possèdent un liber intérieur tout aussi considérable, toujours dépourvu de fibres libériennes ; les tubes cribreux y sont souvent plus visibles que dans le liber extérieur (*Calystegia*, *Convolvulus*, *Ipomœa*, *Quamoclit*, *Calonyction*, *Pharbitis purpurea*).

Dans les Loganiacées (*Fagræa littoralis*), le liber intérieur offre les mêmes caractères ; il est composé de parenchyme libérien, de tubes cribreux très-larges et très-visibles, qui s'avancent assez loin dans la moelle.

Dans les Apocynées il existe toujours du liber mou intérieur, semblable de tout point au liber mou extérieur ; son volume dépasse quelquefois celui du liber extérieur (*Apocynum venetum*). Tantôt il est disposé très-nettement en faisceaux (*Beaumontia grandiflora*, *Vinca major*), tantôt il forme une couche continue (*Amsonia salicifolia*, *Tabernæmontana amygdalifolia*), ou il remplit des dépressions laissées par le bois primaire (*Alyxia Forsteri*). Il n'est pas rare de rencontrer, dans le liber intérieur de cette famille, des supports particuliers servant à la protection des parties délicates : ainsi, dans le *Cerbera Manghas*, on trouve, entre le liber intérieur et la moelle, une multitude de cellules cristalligènes qui renferment des cristaux de même forme que le liber extérieur (voy. p. 40), et les cellules s'aplatissent par endroits de manière à former une sorte de parenchyme corné qui sert évidemment à soutenir ce faisceau saillant.

Rien ne distingue les Asclépiadées des Apocynées sous le rapport du liber intérieur. Dans l'*Hoya carnosa*, il est beaucoup plus développé que le liber extérieur, et il est protégé contre la moelle par un parenchyme corné souvent très-fort. Il en est de même du *Stephanotis floribunda* (structure plus irrégulière).

L'accroissement se fait de la même manière, par la division

Digitized by Google

de toutes les cellules sans distinction ; mais, de même que dans les familles précédentes, il y a souvent un faux cambium dont j'aurai à parler bientôt. Au sujet de l'étude du liber intérieur, je citerai encore les *Asclepias*, *Marsdenia*, *Arauja*, *Metaplexis*, *Periploca*, *Stapelia*.

Dans les Gentianées il y a un liber intérieur très-intéressant. Dans le *Gentiana asclepiadea*, le liber mou intérieur est très-développé et consiste en tubes cribreux et en parenchyme ; il est divisé en petits faisceaux par du tissu médullaire très-épaissi, au milieu duquel il forme de petits îlots. Il paraît être plus important que le liber extérieur, qui devient collenchymatoïde. Dans l'*Erythræa Centaurium*, le liber extérieur est également très-faible, tandis que l'intérieur l'emporte de beaucoup et se trouve contigu aux trachées, et présente, dans son tissu, de petits foyers de multiplication cellulaire très-nets.

Dans le *Villarsia nymphoides*, il existe, au delà des trachées, un peu de parenchyme séveux très-différent du tissu fondamental, et auquel on peut appliquer ce qui a été dit à propos des Borraginées, et cela avec d'autant plus de vraisemblance, que le liber mou extérieur contourne fréquemment le faisceau de manière à rejoindre précisément ce parenchyme séveux. Cependant je n'y ai pas découvert de tubes cribreux.

Le *Menyanthes trifoliata* est dans le même cas. Ici ce n'est pas seulement du parenchyme séveux qu'on y trouve, mais aussi des fibres libériennes très-épaissies, absolument identiques avec les fibres libériennes extérieures et disposées en arc autour de la partie interne du faisceau fibro-vasculaire. Ces fibres ne peuvent pas se confondre avec les éléments ligneux, qui ne sont presque pas épaissis.

Parmi les Scrofularinées, je n'ai trouvé de véritable liber intérieur que dans le *Brunsfelsia americana*, où il se réduit à des faisceaux de liber mou accolés au bois renfermant des tubes cribreux et du parenchyme libérien ponctué. Dans tous les autres genres très-nombreux que j'ai étudiés, il n'y a autour des trachées, qu'un peu de parenchyme cambiforme.

Les Acanthacées présentent de très-grandes différences au

Digitized by Google

point de vue anatomique. Sans parler des Thunbergiées, qui sont si particulières, il n'y a pas en général de liber intérieur, sauf dans quelques rares espèces, telles que le *Barleria cristata*, où il est très-développé et forme une zone continue collenchymatoïde. Dans l'*Acanthus spinosus*, le cercle ligneux extérieur n'a rien de particulier; il ne possède que rarement quelques groupes de liber intérieur; mais plus vers le centre il y a, au milieu de l'entre-nœud, quatre gros faisceaux fibro-vasculaires tournant leurs trachées vers l'extérieur et formant du liber vers l'intérieur, à l'aide d'un cambium situé entre le liber et le bois, et qui ne s'étend pas au delà des faisceaux. Ceux-ci possèdent souvent des paquets de liber mou dans le voisinage de leurs trachées; entre ces faisceaux intérieurs et le cercle ligneux extérieur, il y a parfois d'autres faisceaux plus petits, confondant leurs trachées avec les premiers et tournant leur liber vers l'extérieur.

Les Euphorbiacées ne possèdent généralement pas de liber intérieur, mais il est très-développé dans le genre *Croton* (*C. punctatum*, *Tiglium*).

J'ai déjà cité les Borraginées pour le parenchyme cambiforme qui entoure les trachées; l'existence de ce parenchyme est très-répandue, et il n'est autre chose que du procambium passé à l'état permanent sans changer de nature; dans quelques cas, comme je crois l'avoir montré, on pourrait le considérer comme du liber mou rudimentaire. On le voit souvent soutenu par du parenchyme corné comme, par exemple, dans le *Melianthus major* (1).

J'ai cité également les fibres libériennes intérieures du *Menyanthes trifoliata*. L'argument le plus solide qui parle en faveur de cette manière de voir est la comparaison de ce genre aux autres Gentianées. On trouve une disposition semblable dans un assez grand nombre de plantes, mais là je n'ose pas me

(1) Depuis la remise du manuscrit, j'ai observé une remarquable transformation de ces éléments cambiformes en éléments ligneux. Cette observation confirme la réserve avec laquelle je me prononce pour la nature libérienne de ce parenchyme.

Digitized by Google

prononcer aussi catégoriquement, et il serait peut-être prudent de ne pas définir de cette manière les fibres qui donnent souvent au faisceau l'apparence d'un faisceau monocotylédoné (plusieurs Composées, *Lappa*). Dans les Protéacées (*Hakea*, *Banksia*), il existe, à l'angle interne des gros faisceaux, une ou plusieurs fibres très-différentes des éléments du bois, mais absolument semblables aux fibres libériennes et aussi précoces que celles-ci. Elles prennent un fort développement dans la feuille, et c'est sur elles que repose le système de cellules épaissies qui constitue le squelette si curieux des feuilles de ces plantes. Sont-ce de véritables fibres libériennes?

II B. *Le liber de formation primaire s'accroît par un faux cambium de formation postérieure.* — Supposons que, dans le liber intérieur tel que je viens de le décrire, les cloisons nouvelles, au lieu d'être disposées très-irrégulièrement et de diviser indifféremment toutes les cellules du liber, s'orientent tangentiellement et se cantonnent de préférence dans la région externe de manière à déterminer un accroissement franchement centripète, nous aurons un tissu qui ressemblera beaucoup à un cambium, mais qui s'en distinguera par son origine, par l'irrégularité de ses fonctions et par son activité uniforme des deux côtés ou même tout à fait unilatérale; on observe dans la nature tous les passages entre la multiplication irrégulière des éléments libériens et la formation de ce faux cambium; dans beaucoup des plantes citées plus haut il n'est pas rare de voir les divisions s'opérer parallèlement, et si je sépare ces deux cas, ce n'est pas pour établir une division scientifique, mais uniquement pour faciliter la description de tous ces faits.

C'est dans les Solanées que nous trouvons les plus beaux exemples de cette nature. Dans le *Lycium barbarum*, le liber intérieur ne renferme pas de fibres, mais il est très-volumineux, et il s'accroît de l'extérieur vers l'intérieur par un faux cambium bien caractérisé. Dans le *Capsicum bicolor*, le liber intérieur est beaucoup plus fort que le liber extérieur; il est soutenu par quelques groupes de fibres placées à ses angles intérieurs, et se multiplie quelquefois par un faux cambium assez net et

Digitized by Google

souvent très-abondant. Dans le *Solandra hirsuta*, le faux cambium est parfaitement caractérisé ; à la limite interne du liber intérieur se trouvent d'innombrables fibres libériennes très-fortes, très-grosses, disposées généralement en petits paquets ordinairement allongés dans le sens radial.

Dans le *Cynanchum monspeliacum* et le *Cerbera Manghas*, j'ai constaté la même particularité : dans cette dernière plante surtout, cette zone génératrice est très-nette, et les divisions tangentielles donnent constamment naissance, de part et d'autre, à des éléments libériens ; le faux cambium traverse les rayons médullaires, comme le fait le vrai cambium à l'extérieur.

III A. *Le liber primaire ou secondaire se trouve à la face interne ligneuse du bois, et ne se produit qu'une fois.* — Dans le *Goodenia ovata* (pl. 10, fig. 1), on trouve dans la jeune tige un certain nombre de faisceaux disposés en cercle ; mais bientôt *cinq* de ces faisceaux s'enfoncent de manière à toucher, par l'extrémité de leur liber, à la face interne du cambium qui passe par-dessus tout ce faisceau en conservant ses propriétés ordinaires, c'est-à-dire en formant du bois à sa face interne ; le bois recouvre bientôt complétement le liber, qu'on retrouve finalement tout près des trachées, non loin de l'axe de la tige ; il est composé de cellules grillagées et de parenchyme. Comme il n'existe que des fibres libériennes primaires, il en résulte que les faisceaux qui ont du liber près des trachées n'ont pas de fibres libériennes en dehors du liber extérieur.

III B. *Le liber est primaire ou secondaire ; il se trouve à la face interne ligneuse du cambium ; il se reproduit à des intervalles plus ou moins réguliers.* — Dans une Gentianée, le *Chironia linoides* (pl. 10, fig. 3 et 4), on trouve à la face interne du bois quelques faisceaux de liber composés de cellules grillagées et de parenchyme, et dont toute la section ne dépasse pas celle d'une cellule médullaire. Le bois secondaire commence par des fibres ; plus tard, il se forme un mélange de fibres et de vaisseaux ; entre ces deux zones, on trouve de distance en distance de petits faisceaux de cellules à parois minces, cellulosiennes, et de cellules grillagées de structure complexe, avec des

Digitized by Google

cloisons transversales obliques, marquées de trois ou quatre ponctuations grillagées superposées; à en juger d'après les états les plus jeunes, plusieurs de ces éléments appartiennent à une même cellule mère, qui s'est divisée par des cloisons longitudinales en deux ou plusieurs parties inégales. Les systèmes des cellules sœurs correspondent exactement à la section des éléments ligneux voisins, et ne troublent nullement la régularité de structure du bois. Plus en dehors, par exemple à quatre ou six rangées de fibres de la première zone, le même phénomène se reproduit, de sorte que tout le bois est parsemé de petits îlots de liber, disposés suivant plusieurs zones concentriques.

Il existe dans les *Acanthacées* plusieurs exemples de cette nature. Dans *Hexacentris coccinea* (pl. 11, fig. 2), on observe environ seize lames rayonnantes allant de l'écorce jusqu'au bois primaire, et composées de couches alternantes de bois et de liber; ces couches libériennes noyées au milieu du bois sont chacune bien plus puissantes que le liber extérieur; elles sont composées de cellules grillagées et de parenchyme; les rangées de cellules qui touchent au bois renferment cette même matière granuleuse qui est connue dans les Bignoniacées, au contact des lames libériennes et du bois.

Dans le *Thunbergia grandiflora*, la structure de la tige est très-semblable à celle d'*Hexacentris*, sauf le nombre des lames. Il se forme d'abord du liber comme dans *Hexacentris;* l'activité du cambium est très-exaltée en deux endroits opposés, puis elle décroît, et finit en mourant aux extrémités du diamètre perpendiculaire au premier. D'abord le cambium engendre du liber, puis, à une certaine distance, à l'extérieur, du cambium, le tissu se différencie suivant une zone et devient du bois; mais le cambium situé au-dessous s'éteint, et il s'en développe un autre à la face externe du bois nouvellement formé, et ainsi de suite (1).

Note sur l'effet physiologique de la position intérieure du liber. — La position intérieure du liber a certainement pour premier

(1) La formation de ces couches alternantes de bois et de liber mérite d'être étudiée avec soin. Je n'ai pas consacré à cette étude le temps qu'elle exige.

Digitized by Google

effet de protéger très-efficacement cette partie si importante de la tige. Nous voyons dans presque toutes les plantes ligneuses grimpantes, qu'on réunit sous le nom de *Lianes*, une disposition particulière du liber, qui contrebalance le danger qui découle de la longueur et de la faiblesse de ces tiges : on sait que la rupture du liber en un point quelconque entraîne la mort de toutes les parties situées plus bas (Bignoniacées, Thunbergiées, Ménispermacées). Un exemple montrera qu'il y a véritablement, à ce point de vue, une relation biologique entre la structure et la forme de la tige. Les *Thunbergia* sont des plantes grimpantes, et possèdent la structure que je viens de décrire. Le *Meyenia erecta*, qui ne doit être considéré que comme un *Thunbergia* droit, n'a rien de semblable ; sa tige est parfaitement normale. Parmi les plantes qui possèdent un liber intérieur, il y en a beaucoup de grimpantes, sarmenteuses, etc., comme *Solanum Dulcamara*, *Lycium barbarum*, *Vinca*, beaucoup d'Asclépiadées, les Convolvulacées, les Cucurbitacées.

On connaît cependant beaucoup de plantes grimpantes ou sarmenteuses qui sont dépourvues de liber intérieur, comme, par exemple, les Clématites, les Ampélidées, les Célastrinées, les Aristoloches, etc.

CHAPITRE IV.

LE LIBER EXTÉRIEUR.

I. — Quand il ne s'agit que du liber qui occupe la place ordinaire, nous avons affaire à la partie du faisceau fibro-vasculaire située en dehors du cambium. La région externe du faisceau procambial se transforme directement en un tissu permanent, qui n'est autre chose que le *liber primaire;* de même que sa partie interne se transforme directement en *bois primaire*, la région située entre ces deux parties extrêmes conserve indéfiniment la propriété de diviser ses cellules, et d'engendrer en dehors du *liber secondaire*, en dedans du *bois secondaire*. Les éléments libériens primaires qui apparaissent d'abord sont les fibres libériennes, quand elles doivent exister ; mais il se forme en

Digitized by Google

outre du parenchyme; quant aux cellules grillagées, elles n'existent que rarement dans le liber primaire. Il se passe très-fréquemment dans la formation du liber primaire un phénomène particulier dont l'explication n'est pas encore très-nette, quoique plusieurs auteurs s'en soient occupés avec beaucoup de soin. A l'état adulte, on trouve souvent les fibres libériennes avancées jusqu'au milieu de l'écorce primaire et séparées par conséquent du liber mou par un tissu tout à fait semblable à celui de l'écorce primaire. On peut concevoir que dans certains cas où cette disposition n'est pas très-exagérée, les éléments d'origine procambiale puissent prendre la forme des cellules appartenant au tissu fondamental; mais cette opinion devient inadmissible quand ce tissu est très-volumineux, et il est probable qu'une partie de la zone génératrice, ou des faisceaux procambiaux, se sépare de la partie interne, et se dirige plus en dehors en subissant diverses modifications. Cela est notamment le cas dans les tiges qui possèdent, à une certaine distance du liber, une zone complète ou presque complète de fibres libériennes, cas qui a été mentionné plus haut à propos de la gaine protectrice.

La tendance du parenchyme libérien primaire à prendre la forme plus ou moins exacte des cellules de l'écorce primaire ressort nettement des exemples fréquents, où l'on observe sur la coupe transversale un passage insensible de l'une de ces parties à l'autre; l'illusion devient encore plus complète quand les fibres libériennes font défaut; mais généralement la coupe radiale montre une démarcation beaucoup plus visible, à cause de la longueur des éléments libériens.

D'un autre côté, il arrive tout aussi fréquemment que le passage de l'écorce primaire au liber, même en l'absence des fibres libériennes, se fasse très-brusquement. Il est évident que, lorsqu'il y a une gaîne Casparienne, la délimitation est toujours très-nette; il en est de même quand il doit se former plus tard un périderme entre le liber et l'écorce primaire. Il y a là, en un mot, bien des combinaisons, dont on pourra d'autant mieux tirer parti pour les diagnoses, que ces caractères sont d'une constance

Digitized by Google

remarquable dans le même groupe de plantes. J'en cite quelques-unes des plus importantes :

1. Anneau fibreux à une certaine distance du liber mou, et séparé de celui-ci par un parenchyme semblable à celui de l'écorce primaire (Cucurbitacées, *Berberis*, *Aristolochiées*, etc.).

2. Fibres libériennes primaires séparées du liber secondaire par du parenchyme cortical primaire :

a. Le parenchyme cortical primaire est séparé du liber par une ligne de démarcation nette.

b. Il y a entre ces deux parties un passage insensible.

3. Démarcation nette entre l'écorce primaire et le liber :

a. Avec des fibres.

b. Sans fibres.

4. Passage insensible de l'écorce primaire au liber mou sans fibres.

Voilà, si je ne me trompe, toutes les combinaisons théoriquement possibles, et toutes existent dans la nature.

II. — Maintenant que la place du liber est bien déterminée, nous pouvons aborder l'étude des éléments qui le composent.

Nous avons à distinguer avant tout les éléments *essentiellement libériens*, qui ne se trouvent nulle part ailleurs avec ces mêmes caractères : ce sont les fibres libériennes, les cellules grillagées, les cellules parenchymateuses libériennes, les cellules cristalligènes.

Viennent ensuite des organes composés ou des éléments sécréteurs qui ne sont pour ainsi dire qu'accidentels dans le liber : ce sont les laticifères, les cellules sécrétrices ordinaires, les glandes résinifères et les lacunes à gomme.

Enfin, pour terminer cette étude anatomique, nous aurons à passer en revue les transformations que subissent les éléments du liber par les progrès de l'âge.

Je résume cette division dans un tableau synoptique :

A. Éléments essentiellement libériens :	de protection.....		Fibres libériennes.
	de nutrition.....		Cellules grillagées.
			Parenchyme libérien.
			Cellules cristalligènes.

Digitized by Google

B. Organes accidentels du liber :
- simples..... Laticifères. / Cellules sécrétrices de diverses natures.
- composés..... Glandes résinifères ou oléifères. / Lacunes à gomme.

C. Transformations que subissent les éléments du liber.
- Sclérification.
- Parenchyme (prosenchyme) corné.

A 1. Les fibres libériennes.

Les fibres libériennes sont de longues cellules atténuées aux deux bouts, rarement un peu rameuses (Asclépiadées), qui peuvent être primaires ou secondaires. Lorsqu'elles sont primaires, elles se forment déjà à une époque où l'entre-nœud est encore très-court, et pendant l'allongement elles s'accroissent dans la même mesure. En outre, elles peuvent probablement s'accroître plus activement en insinuant leurs extrémités entre les cellules voisines. Les fibres libériennes secondaires ont primitivement la longueur des cellules du cambium, et possèdent la propriété de s'accroître d'une manière indépendante; il en résulte que les fibres libériennes primaires sont généralement plus longues que les fibres libériennes secondaires.

Il existe cependant un certain nombre de plantes, que j'aurai à citer plus tard pour la régularité de leur liber, chez lesquelles la faculté de s'accroître d'une manière indépendante est très-limitée dans les fibres libériennes, mais où ces éléments, si on ne les voyait pas sortir en *première intention* d'une cellule cambiale, pourraient être confondus avec des cellules scléreuses, par exemple dans une multitude de Composées (Sénécionidées et Eupatoriées), dans bien des Labiées, etc. Pour citer un exemple, nous voyons dans l'*Artemisia camphorata* que la tendance à l'accroissement indépendant est à peine marquée par de petites pointes aux deux extrémités des fibres.

On a souvent pensé, et Schacht l'a décrit avec soin dans le *Carica Papaya*, que les fibres libériennes sont dues à la fusion des cellules, si toutefois elles ne sont pas des cellules simples. Quant à moi, je n'ai observé aucun cas de fusion de cellules.

Le volume des fibres libériennes varie beaucoup; leur lon-

Digitized by Google

gueur est souvent très-grande, la largeur varie moins. Dans les Caprifoliacées (Lonicérées), où j'ai observé les plus larges, elle est d'environ 0^{mm},13 (*Leycesteria formosa*). Les fibres libériennes épaississent leurs parois, qui apparaissent nettement stratifiées; mais les transformations chimiques qu'elles subissent varient d'une espèce à l'autre : tantôt elles restent cellulosiennes, malgré l'épaississement (*Linum*); tantôt elles se lignifient complétement (*Phormium*) ou incomplétement (*Cannabis*), et c'est sur les différentes colorations que donnent l'iode et l'acide sulfurique que M. Vétillard a fondé un procédé d'analyse fort précis. Souvent on observe des réactions très-singulières, comme, par exemple, une coloration violette par l'acide chlorhydrique (1), rendue plus prompte par l'emploi simultané de l'acide phénique. Les fibres libériennes de beaucoup d'Apocynées et d'Asclépiadées sont alternativement renflées et rétrécies.

Les parois sont marquées de petites ponctuations arrondies ou en forme de fentes obliques (disposées suivant des spirales); ces ponctuations sont éparses, sans ordre, où elles sont disposées dans un certain ordre, sur les faces antérieures et postérieures par exemple (*Vitis*).

Quant à la structure intime des parois, il faut citer les fibres marquées de stries spiralées dans les deux sens, dans les Apocynées et les Asclépiadées, dans le *Leycesteria*, le *Linnæa borealis;* à ces stries obliques s'ajoutent quelquefois de fines stries transversales (*Apocynum Venetum*).

Il arrive dans quelques cas que les fibres libériennes, au lieu d'avoir une cavité continue, se cloisonnent, par exemple, dans la Vigne, etc.

Les caractères tirés de la présence ou de l'absence et de l'arrangement des fibres libériennes sont très-constants. Les voici :

A. *Absence des fibres libériennes.* — La plupart des Valérianées et des Dipsacées, bien des Composées; la plupart des Cam-

(1) Certains bois donnent la même réaction : par exemple dans les Conifères, *Salix*, *Populus*, *Prunus*, etc. D'après M. Tangl, elle est due à la coniférine ($C^{16}H^{22}O^8 + 2$ Aq). M. A. Wigand (*Bot. Zeit.*, 186?, p. 122) considère cette matière comme voisine du tannin, et l'appelle « cyanogène ». M. R. Müller *Flora*, 1874, p. 399) la prend pour un glycoside azoté.

Digitized by Google

panulacées, les Lobéliacées ; la plupart des Rubiacées, des Loganiacées, des Gentianées, des Zygophyllées, Polémoniacées, etc.

B. *Il n'y a que des fibres libériennes primaires.* — α. Elles sont disposées isolément ou en petits groupes irréguliers (plusieurs pour un faisceau), comme dans la plupart des plantes herbacées qui renferment des fibres libériennes (les Solanées, *Celastrus*, etc.), ou en un seul faisceau pour chaque faisceau fibro-vasculaire (*Vitex*, Théophrastées, *Betula*, beaucoup de Composées, etc.).

β. Elles forment une zone aplatie à la limite du liber (les Térébinthacées, *Bursera*, quelques Éricacées).

C. *Il y a des fibres libériennes primaires et secondaires.* — Les fibres libériennes sont disposées par zones régulières alternant avec du liber mou (*Lyonia*, *Vitis*, Malvacées, Tiliacées, Méliacées, *Fontanesia*, etc.), ou par groupes eux-mêmes disposés par zones (Sapotées, Bignoniacées, Chêne, Peuplier, etc.).

Enfin les fibres libériennes secondaires peuvent être irrégulièrement mêlées aux éléments du liber mou, et, chose étrange, cette disposition coïncide souvent avec la résistance extrême des fibres libériennes [Morées (*Broussonetia*), *Daphne*, *Coleonema*, *Eriostemon*].

Ce ne sont pas là toutes les dispositions possibles ; la section du faisceau de fibres libériennes primaires peut présenter des configurations diverses qu'il est inutile d'énumérer ici, mais qui sont très-constantes dans la même espèce : par exemple un croissant concave vers l'intérieur (*Clematis*), une ellipse ou une forme de biscuit à grand diamètre radial, etc.

Tous les caractères des fibres libériennes indiquent que ce sont des organes de protection. Dans un travail récent, on les considère comme les organes destinés à protéger la plante contre les effets nuisibles de la traction, et l'auteur s'appuie sur ce que les fibres libériennes s'arrêtent à chacun des nœuds des tiges articulées, ainsi que M. Decaisne l'a reconnu depuis longtemps chez le Gui (1).

(1) J. Decaisne, ***Mémoire sur le développement du pollen, de l'ovule, et sur la structure des tiges du Gui,*** 1839, pl. III.

Digitized by Google

Il est assez rare que les fibres libériennes renferment des matériaux utilisables (amidon) ; le plus souvent, quand il y a un contenu visible, c'est une matière colorante. Dans certains cas cependant il n'est pas douteux qu'elles ne servent à la transmission des sucs, comme dans la Vigne, par exemple. Quelquefois elles sont même à peine épaissies, quoique lignifiées (*Coleonema*). D'autres fois la mortification s'opère bien vite, et l'on voit souvent les fibres libériennes éliminées de l'économie par un périderme qui se forme autour du faisceau de fibres (*Argania africana*, Sapotée) (1). Enfin, quand les fibres libériennes manquent, nous les voyons souvent remplacées par un tissu très-solide d'une autre nature (liber mou collenchymatoïde, prosenchyme corné), que nous décrirons bientôt.

A 2. Les cellules grillagées.

Il existe, dans le liber, deux éléments différents destinés à effectuer le transport des matériaux élaborés : ce sont les cellules grillagées et les cellules parenchymateuses. Ces dernières peuvent remplacer les cellules grillagées d'une manière complète dans le jeune âge. En effet, j'ai dit plus haut que le liber primaire ne renferme généralement pas de cellules grillagées, et M. Th. Hartig (2) pense que le tissu cribreux est déjà capable de conduire les principes élaborés quand il est encore à l'état cambial; il l'a prouvé en annelant incomplétement un rameau, et en préservant la plaie de la dessiccation par un manchon de verre. Il faut conclure de cette observation, qu'entre un tissu cambiforme ou parenchymateux délicat (même permanent) (3), sans perforation, et un tissu cribreux très-développé, il y a une similitude parfaite de fonctions, et que la seule différence réside dans l'intensité du phénomène. Dans les plantes placées plus bas sur l'échelle végétale, la distinction de ces deux éléments, cellules grillagées et parenchyme libérien, est beaucoup moins nette : dans les Cryptogames vasculaires il n'y a pas de

(1) Ce phénomène n'est probablement pas constant.

(2) *Bot. Zeit.*, 1863, p. 287.

(3) Voyez le liber intérieur purement parenchymateux. Ce tissu peut sans doute jouer le rôle du liber d'une manière plus ou moins parfaite.

Digitized by Google

cellules grillagées ; dans les Monocotylées, elles sont à peine ébauchées et se distinguent mal dans ce tissu cambiforme auquel Mohl avait donné le nom de tissu conducteur. Dans les Gymnospermes enfin, elles ont un caractère d'infériorité manifeste ; les cloisons transversales, si compliquées et si importantes dans les Dicotylées, font défaut dans les Gymnospermes, qui ne présentent que des cellules atténuées aux deux bouts.

Dans toutes les Dicotylées observées *ad hoc*, j'ai trouvé des cellules grillagées, éléments qui se distinguent des cellules parenchymateuses par leur structure anatomique et par une différence assez visible dans les fonctions physiologiques ; les cellules parenchymateuses servent généralement, en hiver, à emmagasiner de l'amidon, tandis que les cellules grillagées n'en renferment que des quantités minimes (1).

Après avoir établi cette distinction importante et montré la parenté évidente de ces deux éléments, je puis passer à la description des cellules grillagées.

M. Hanstein (2) compare les cellules grillagées aux cellules laticifères. Ce rapprochement, explicable à l'époque où le mémoire de M. Hanstein a été publié, ne l'est plus maintenant ; il n'y a absolument aucune analogie entre ces deux organites, et s'il faut rapprocher les laticifères de quelque autre élément, ce sera, comme le fait M. David (3), des cellules sclé-reuses. Selon toutes les apparences, les laticifères sont des cellules sécrétrices qui ne servent nullement au transport des matériaux élaborés, et le latex qu'elles sécrètent est comparable à la résine produite dans les cellules résinifères de l'*Abies pectinata*.

Les *cellules grillagées* sont des éléments *essentiellement libériens*, morphologiquement équivalents aux fibres libériennes, c'est-à-dire procédant des cellules cambiales sans division secondaire et caractérisées par la structure particulière de leurs cloisons transversales.

(1) G. Briosi, *Bot. Zeit.*, 1874. — Mohl, *Einige And.*, etc.
(2) *Uber die Milchz. und d. verwandten Org. der Rinde.*
(3) *Loc. cit.*, R. Müller, *Die Rinde unserer Laubhölzer*, p. 12.

Digitized by Google

A l'état parfait, ces cloisons se sont toujours montrées percées d'un certain nombre de petits trous, de sorte que toutes ces cellules superposées sont en communication.

Jusqu'où s'étend cette communication? Je ne saurais le dire, mais j'ai de fortes raisons pour croire qu'elle ne va pas au delà des nœuds. Le fait de la perforation de ces cloisons a été observé depuis longtemps; mais, sur l'autorité de H. von Mohl, il a été repoussé par la plupart des botanistes. Il faut avouer, en effet, qu'avec les idées reçues sur la vie de la cellule, il était difficile d'admettre une libre communication entre une série de cellules vivantes remplies de plasma.

La démonstration de la perforation s'est toujours faite sur les Cucurbitacées, dont les cellules grillagées sont en effet énormes. Pour reconnaître cette perforation, on traite la coupe radiale par l'acide sulfurique et l'iode; la cellulose se colore en bleu, puis elle se dissout, tandis que le protoplasma se colore en jaune brun; on voit alors de minces filaments passant à travers la membrane horizontale relier entre eux les deux contenus protoplasmiques. M. Briosi (1), qui s'est récemment occupé avec beaucoup de soin de cette question, constate la perforation partout où il l'a cherchée. J'ai voulu à mon tour m'en rendre compte, et je suis arrivé à la même conclusion. Mais au lieu d'acide sulfurique et d'iode, je me suis généralement servi de chloroiodure de zinc, qui conserve la cellulose en la colorant en bleu.

L'une des faces, ou les deux faces de la cloison transversale sont recouvertes d'une masse incolore souvent très-épaisse, étroitement appliquée sur le réseau cellulosien perforé de manière à dépasser les bords des perforations, qui se trouvent ainsi rétrécies; dans les perforations mêmes, les deux masses supérieure et inférieure (pl. 9, fig. 7 B, C) se rejoignent et ne laissent, pour le passage du plasma, qu'un étroit canalicule. Quand on fait une coupe horizontale (ce qui n'est pas chose facile) à travers toute cette masse dans le *Broussonetia papyrifera*, et qu'on

(1) Briosi, *loc. cit.*

Digitized by Google

la traite par le chloroiodure de zinc, on voit le réseau cellulosien à larges mailles se colorer en bleu (pl. 9, fig. 7 B), et au milieu de chaque maille un point jaune représente la section du filament protoplasmique. Sur une coupe oblique, dans le liber de la même plante, on voit facilement le réseau traversé par les fins prolongements (pl. 9, fig. 7 A) de la masse protoplasmique située au-dessous.

Quelle est cette matière? Aucun réactif ne la colore; elle est insoluble dans l'eau, gonflable et soluble dans les alcalis, très-réfringente : c'est elle qui empêche de voir les grillages; il faut alors traiter la coupe par la potasse caustique. Sa consistance est cornée, au moins à un certain âge. Les premiers auteurs l'ont prise pour un épaississement cellulosien; on peut objecter à cette manière de voir qu'elle ne donne, à aucun âge, les réactions caractéristiques de cette matière. M. Nægeli admet que c'est une sécrétion, et je me range tout à fait de son côté. Il n'est pas rare de la trouver hypertrophiée dans le *Cucurbita Pepo*. Elle remplit alors presque toute la cavité cellulaire sans adhérer aux parois latérales; aucune trace de stratification n'est visible; la matière en est dure, cornée, et se coupe au couteau, en formant des zones caractéristiques semblables à celles que donne le caoutchouc coupé avec un couteau qu'on a préalablement trempé dans l'eau. Cela n'indique-t-il pas que cette matière est élastique?

Ses propriétés physiques et chimiques se résument donc ainsi : matière de consistance cornée, élastique, très-réfringente, hyaline, sans structure; insoluble dans l'eau, gonflable et soluble dans la potasse; incolore dans le chloroiodure de zinc et dans l'acide sulfurique et l'iode. Les botanistes allemands ont fini par adopter, pour ces singulières plaques, le nom de « plaques des cribles » (*Siebplatten*), expression qui ne peut pas se traduire en français. M. Hanstein les appelle « *plaques calleuses* »; mais il serait préférable de leur donner un nom qui n'indiquât que leur position, sans tenir compte de leur forme, trop variable, ou de leur nature encore mal connue.

Voyons maintenant, pour insister un peu sur cette question

Digitized by Google

importante, de quelle manière les deux cellules superposées sont séparées dans le cas le plus distinct. Au milieu se trouve la cloison cellulosienne, dont il ne reste qu'un réseau à mailles plus ou moins larges (pl. 9, fig. 7 A, B) ; sur les deux faces de ce grillage s'appliquent les deux plaques incolores (pl. 9, fig. 7 C), qui ne laissent, pour chaque maille, qu'un trou très-fin, et en remplissent elles-mêmes le reste, en se soudant entre elles. Les protoplasmas des deux cellules se relient à travers ces trous ; immédiatement au contact de la plaque calleuse, ils changent un peu de consistance ; ils durcissent, et il n'est pas rare de les y voir constituer de véritables membranes protoplasmiques à double contour. Jamais il n'existe de perforation avant que la plaque calleuse soit formée, mais celle-ci ne dure pas indéfiniment ; au bout d'un temps plus ou moins long, elle paraît se résorber, et alors, à mon avis, la cellule grillagée a fini de jouer son rôle : elle fait partie du squelette libérien, soit en se sclérifiant, soit en s'aplatissant et en formant du prosenchyme corné.

J'ai observé exactement de la même façon les cloisons grillagées plus compliquées de beaucoup d'autres plantes, celles du Chêne, par exemple, et je suis arrivé exactement aux mêmes résultats. Les parois longitudinales latérales (tournées vers les rayons médullaires), ou rarement les parois antéro-postérieures, sont également pourvues de ponctuations grillagées recouvertes de plaques calleuses ; je n'ai jamais trouvé la membrane cellulosienne perforée en ces endroits, et aucun auteur, à ma connaissance, n'avance un fait semblable.

Quelle peut être maintenant le rôle de ces cloisons perforées garnies d'un appareil si compliqué ? Autrefois, et jusqu'à Hugo Mohl inclusivement, on n'avait pas remarqué la petite quantité d'amidon qui se trouve dans ces éléments, et l'on avait cru trouver là un critérium absolu pour séparer les cellules grillagées du parenchyme libérien ; on avait été amené ainsi à les regarder comme les organes de transport des matières albuminoïdes, transport mécanique direct ou transport par diffusion : mais, sur ce point, les avis étaient partagés. Depuis la

Digitized by Google

découverte de l'amidon dans les cellules grillagées (1), on s'est beaucoup occupé de cette question importante ; cependant il faut avant tout que je dise à quel état l'amidon s'y trouve. Quand on traite une cellule grillagée par l'eau iodée, on voit généralement, aux deux extrémités, ou à une extrémité seulement, le contenu se colorer en bleu, comme s'il y avait de l'empois d'amidon ; généralement de très-forts grossissements permettent de voir des granules d'une finesse extrême ; mais il arrive assez fréquemment qu'on observe des grains plus gros, et quelquefois sensiblement plus gros que les perforations. Néanmoins MM. Kraus et Briosi, et avec eux beaucoup de botanistes, croient devoir admettre le passage direct et régulier des grains d'amidon solides d'une cellule à l'autre.

Après s'être assuré que l'amidon des cellules grillagées du pétiole de *Sparmannia africana* (Tiliacée) occupe la partie supérieure des cellules grillagées au-dessous des cloisons transversales, M. Kraus l'a retrouvé dans la partie inférieure des cellules, au-dessus des cloisons transversales, après avoir pressé le pétiole entre les doigts. Notons que la position de l'amidon dans les cellules grillagées n'est pas constante, et que M. Kraus en a sans doute déterminé la position sur un pétiole autre que celui qu'il a écrasé entre les doigts. En tout cas, cette expérience indirecte est trop imparfaite pour résoudre une question aussi importante ; il faudrait observer directement le passage d'un grain d'amidon à travers les pores. M. Briosi *croit* avoir vu *une fois* un grain d'amidon engagé dans un pore ; mais cet auteur lui-même ajoute peu d'importance à cette observation, et c'est surtout par d'autres considérations que M. Briosi arrive finalement à admettre la circulation des grains d'amidon.

Voici enfin les raisons que j'ai à opposer à cette doctrine :

1° Je n'ai jamais *vu*, et personne n'a jamais *vu* un grain d'amidon solide passer d'une cellule dans une autre à travers les cloisons transversales normalement conformées des cellules grillagées.

(1) Briosi, *loc. cit.*

Digitized by Google

2° Quelquefois ces grains sont plus gros que les perforations des plaques calleuses (*Villarsia*).

3° S'il y a véritablement circulation d'amidon solide, pourquoi ne la voit-on pas? L'influence du rasoir ne peut pas l'avoir arrêtée d'une manière si absolue, puisqu'elle n'empêche pas les mouvements du protoplasma.

4° Si ces ouvertures existent pour laisser passer des corps solides, pourquoi sont-elles si fines; tandis que celles des vaisseaux ponctués du bois, beaucoup plus grandes, ne laissent passer que des liquides? elles pourraient être beaucoup plus grandes sans que les cloisons refusassent de soutenir parfaitement le protoplasma.

5° Si les cellules grillagées sont des organes de transmission d'amidon, pourquoi en renferment-elles si peu, qu'on est resté plusieurs années sans voir ce phénomène?

6° Cette théorie ne rend aucun compte des plaques calleuses, qui ne seraient au contraire qu'un véritable empêchement.

7° On sait, depuis Th. Hartig, que le tissu cambiforme remplace très-bien les cellules grillagées.

Les tubes cribreux des Monocotylées ne sont peut-être pas percés, et il n'y en a pas dans les Cryptogames vasculaires, ce qui n'empêche pas ces plantes d'atteindre de grandes dimensions.

Ces raisons, qu'on pourrait multiplier encore, me font croire, jusqu'à nouvel ordre, que les cellules grillagées n'effectuent nullement le transport d'amidon solide, mais que cette petite quantité d'amidon s'y est développée de la même manière que dans toutes les cellules parenchymateuses, et qu'elle se consomme sur place, probablement pour les besoins de la respiration, qui doit être très-active dans ces petits organes, à cause du travail énorme qui s'y fait. Je pense que la transmission des matériaux élaborés s'opère ici, comme partout ailleurs, par diffusion physiologique, et qu'il n'y a même pas de mouvement de protoplasma d'une cellule à l'autre. Les plaques calleuses me semblent être des organes d'absorption puissants, et les

Digitized by Google

connexions protoplasmiques me paraissent devoir servir à un travail absolument inconnu jusqu'à ce jour.

Différentes formes de cellules grillagées. — On peut distinguer, parmi les cellules grillagées, deux formes assez bien séparées, savoir : celles dont les parois transversales sont sensiblement horizontales ou peu obliques et marquées d'un seul crible uniforme, et les cellules dont les parois transversales sont plus ou moins obliques et marquées de plusieurs ponctuations grillagées, régulièrement superposées comme les ponctuations d'un vaisseau scalariforme, et dont chacune a ses plaques calleuses (pl. 9, fig. 8). La première de ces formes a reçu plus spécialement le nom de *tube cribreux*, la seconde celui de *cellule grillagée proprement dite*.

Les tubes cribreux sont souvent dépourvus de ponctuations grillagées sur les parois longitudinales, mais les exceptions à cette règle, si règle il y a, ne manquent pas et se présentent tout de suite dans la plante où ils ont été découverts. Cependant, lorsque les ponctuations latérales existent, elles revêtent un autre caractère que dans les cellules grillagées proprement dites ; elles sont arrondies et isolées, tandis que les cellules grillagées ont presque toujours leurs parois couvertes de ponctuations grillagées triangulaires ou transversalement rhomboïdes, qui laissent entre elles des interstices réticulés avec une élégance surprenante. Dans tous les cas, les grillages ou cribles latéraux sont infiniment plus fins que ceux des parois transversales (1), et quand il existe des ponctuations criblées sur les faces longitudinales antérieures et postérieures, elles se placent, par leur finesse, entre les deux autres (exceptionnellement dans le Bouleau).

Le tube cribreux typique existe dans les plantes herbacées. Quand on examine le liber extérieur ou intérieur d'une plante herbacée quelconque (on peut recommander de préférence les Cucurbitacées, les Convolvulacées, les Solanées, etc.), on

(1) Mohl, *loc. cit.*

Digitized by Google

voit avant tout les cloisons transversales avec leurs plaques calleuses très-épaisses dessinant de petits traits transversaux; ces cellules cribreuses sont exactement superposées et forment un tube interrompu à intervalles réguliers par ces cloisons percées; ces dernières dépassent généralement la largeur moyenne des cellules, de sorte que le tube est renflé aux articulations. Quand on traite la coupe par un réactif qui contracte le protoplasma, on voit nettement que l'utricule primordiale reste distendue sur les plaques calleuses, tandis qu'elle s'affaisse et se rétrécit au milieu.

Les variations que présente cette forme des cellules grillagées sont très-faibles et peu nombreuses; nous les trouvons ainsi conformées dans presque toutes les plantes herbacées, à quelque famille qu'elles appartiennent.

Il n'y a cependant pas une séparation très-nette entre ces deux formes, car on trouve des grillages transversaux simples dans des cellules grillagées dont les parois longitudinales ont tous les caractères des formes les plus compliquées, et en général les tubes cribreux des plantes ligneuses, et surtout des arbres (Oléinées, Morées, *Fagus*), se distinguent par leurs formes massives et leurs grillages très-largement réticulés, qui ressemblent souvent à de véritables réseaux suspendus au travers de la cellule (Morées) et par l'obliquité des cloisons.

La cloison transversale des tubes cribreux est rarement plane; elle est généralement concave, et la concavité est souvent tournée vers le haut.

Avant de citer des exemples, remarquons que la forme des cellules grillagées paraît dépendre de plusieurs points différents, qui sont d'abord, la taille de la plante : les grandes plantes ont souvent, mais pas toujours, des cellules grillagées plus compliquées que les plantes de petite taille; les plantes vivaces ont des formes plus compliquées que les annuelles, les plantes ligneuses que les herbacées; l'affinité, quoique subordonnée à la première cause, ne manque pas d'exercer une certaine influence; enfin il y a des causes qui m'échappent complétement, et qui ressemblent à des bizarreries.

Digitized by Google

Pour montrer l'influence de la taille, etc., je n'ai qu'à rappeler que les plantes herbacées n'ont que la forme la plus simple, les tubes cribreux (Campanulacées, Composées, Solanées, Convolvulacées, Labiées, etc., etc.).

Les Asclépiadées nous fournissent un exemple très-instructif: dans les espèces ligneuses, telles que le *Periploca græca*, etc., les cellules grillagées sont très-développées; les parois transversales, très-obliques, sont marquées de 3-5 grandes ponctuations grillagées superposées; les parois latérales sont littéralement couvertes de grandes ponctuations criblées arrondies et divisées en segments de formes variables par des bandes unies. Dans l'*Asclepias Cornuti*, dont la tige est annuelle, les cellules grillagées sont très-simples; les parois transversales sont horizontales ou légèrement inclinées, un peu concaves, marquées d'une seule ponctuation grillagée couverte d'une plaque calleuse très-développée; elles renferment un nombre assez considérable de granules d'amidon.

Le *Marsdenia erecta* vient se placer, pour la forme de ses cellules grillagées, entre les deux; dans cette plante on trouve des cellules grillagées à cloisons transversales obliques marquées d'un ou de plusieurs grillages superposés (1-3). Dans le *Chironia linoides*, de la famille des Gentianées, j'ai également trouvé côte à côte des cellules grillagées simples et compliquées à 3-4 grillages superposés.

Dans l'*Ailantus glandulosa*, qui est un grand arbre, ce sont de très-simples tubes cribreux; les plaques calleuses sont hémisphériques, de manière que les deux plaques qui appartiennent à la même cloison transversale forment une sphère très-réfringente coupée en deux par le grillage. Dans les Caprifoliacées, moins les *Sambucus*, elles sont assez simples : 2-4 grillages superposés sur les cloisons transversales obliques, et ces cellules sont souvent mêlées à des tubes cribreux à cloisons obliques (*Leycesteria*). Dans le *Diervilla japonica*, il ne paraît y avoir que des tubes cribreux à cloisons horizontales ou plus ou moins obliques; les plaques calleuses y sont souvent extrêmement développées, aussi hautes que les cellules sont larges.

Digitized by Google

Dans l'*Ekebergia capensis*, les cellules grillagées sont compliquées ; dans le *Carapa touloucana*, elles sont ordinairement simples ; dans l'*Evonymus europæus*, elles sont très-compliquées (7-15 grillages superposés !). Dans *Celastrus scandens*, elles sont simples ; dans le *Vitis vinifera*, elles sont compliquées ; dans le *Cissus orientalis*, elles sont simples ; dans l'*Olea* et *Fontanesia*, elles sont simples. Dans le *Citrus Aurantium*, elles sont tantôt simples, tantôt composées ; dans le *Fagus*, elles sont simples ; dans les *Quercus*, elles sont composées ; dans les Morées elles sont simples.

Ces exemples suffisent pour montrer combien la forme de ces éléments varie sous l'influence des diverses causes connues ou inconnues.

Les formes les plus complexes se rencontrent dans les Araliacées, les Célastrinées, les Sambucées ; viennent ensuite beaucoup de nos arbres : le Chêne, le Peuplier, le Bouleau, le Poirier, le Tilleul, les Bignoniacées, la Vigne, le Platane, etc.

Formation et accroissement. — J'ai échoué jusqu'ici dans l'étude de la formation des ponctuations grillagées, et je doute qu'il y ait là des choses importantes à découvrir. Les cloisons transversales grillagées sont les parois transversales primitives du tissu cambial (1). L'inclinaison plus ou moins grande (les parois transversales des cellules cambiales sont déjà obliques) de ces cloisons dépend souvent en grande partie des rayons médullaires ; quand ceux-ci sont larges relativement à leur hauteur, les cellules grillagées superposées décrivent des courbes onduleuses autour du parenchyme des rayons médullaires, et

(1) Il y a peut-être des exceptions où une cloison formée plus tard prend les mêmes caractères. On voit souvent dans le *Broussonetia papyrifera* des segments tellement courts, qu'on a de la peine à croire que la cellule a pu se déformer à ce point.

Il n'est pas impossible, et peut-être même pas très-rare, que les cellules grillagées ne se caractérisent qu'après la division longitudinale de la cellule qui doit les former. Cependant ce n'est pas le cas ordinaire. Quand il y a des divisions secondaires dans le jeune liber, on distingue nettement des cellules grillagées sur la coupe transversale par leur fort diamètre, comme cela se voit d'une manière très-caractéristique dans le *Cinchona*, et à un degré moins marqué dans presque toutes les plantes à liber irrégulier.

Digitized by Google

elles sont séparées par des cloisons très-obliques et même verticales, mais il n'en est pas toujours ainsi : dans la Vigne, par exemple, les cloisons sont presque verticales, et les rayons médullaires ont la même épaisseur sur toute la hauteur. Au jeune âge elles sont presque horizontales, les cellules grillagées ont toutes la même hauteur, et les plaques calleuses se juxtaposent si exactement, qu'elles simulent des planchers non interrompus très-étendus et régulièrement superposés : c'est ce qu'on voit facilement quand on fait une coupe tangentielle dans le voisinage du cambium sur un jeune rameau de Saule (*Salix viminalis*). Cette régularité peut persister, comme par exemple dans les nombreuses plantes dont le liber est très-régulier : *Artemisia* et genres voisins, *Lavandula*, *Cheiranthus*, etc.

Dans le *Clematis Vitalba*, la régularité est si grande, qu'on aperçoit, à l'œil nu, sur une coupe radiale, des lignes blanches horizontales qui ne sont autre chose que l'ensemble des grillages juxtaposés à la même hauteur.

Dans la plupart des cas il arrive cependant que les éléments libériens doués d'un accroissement indépendant glissent et s'insinuent les uns entre les autres de manière à troubler tout à fait cet ordre.

Il ne reste qu'un mot à dire sur la structure des parois longitudinales des cellules grillagées : presque toujours elles sont homogènes; quelquefois elles sont très-nettement striées transversalement, comme dans le Chêne (*Quercus pedunculata*, pl. 9, fig. 8); d'autres fois on observe, dans l'épaisseur de leurs parois, des nodules qui se colorent par le chloroiodure en bleu plus intense que le reste de la paroi (*Robinia Pseudoacacia*).

Distribution des cellules grillagées dans le liber. — Le liber primaire manque presque toujours de cellules grillagées. Quand il n'y a pas de fibres libériennes secondaires, les cellules grillagées sont le plus souvent uniformément mélangées aux cellules parenchymateuses. Quand le liber est divisé en zones par des fibres libériennes secondaires, elles sont très-fréquemment cantonnées dans la région interne de chaque zone.

Digitized by Google

Pour les modifications que subit le tissu grillagé, voyez *Sclérification* et *Prosenchyme corné.*

A 3. Le parenchyme libérien.

Les cellules parenchymateuses libériennes secondaires sont toujours le résultat de la division transversale des cellules cambiales; elles sont donc pour le liber ce que le parenchyme ligneux est pour le bois (1).

Quant à la formation du parenchyme libérien, il faut distinguer deux formes de liber :

1° *Le liber régulier.* — Les cellules du cambium se divisent d'une manière invariable pour former le parenchyme libérien ; elles restent indivises pour former les cellules grillagées et les fibres; une fois sorties du cambium, elles ne se divisent plus, et s'il n'intervient pas une cause d'une autre nature, on voit sur la coupe transversale les éléments rangés avec beaucoup d'ordre en files radiales.

En faisant une coupe radiale dans le liber mou du *Clematis Vitalba*, on voit des cellules grillagées de la même hauteur que les cellules cambiales, à grillages simples obliques, pourvues quelquefois de grands cribles latéraux arrondis. A côté de ces éléments, deux cellules parenchymateuses, qui ont exactement la moitié de la hauteur des cellules grillagées, se superposent avec une régularité parfaite; toutes les cloisons secondaires qui se sont formées divisent les cellules cambiales en deux parties égales superposées.

Parmi les Composées, nous retrouvons cette structure dans les Sénécionidées (*Kleinia*, *Artemisia*, *Pyrethrum*, *Verbesina*, *Helianthus*, etc.) et dans les Eupatoriacées. Les cellules cambiales, les cellules cribreuses et les fibres libériennes secondaires (quand il y en a), ont la même longueur; les cellules parenchymateuses sont deux fois plus courtes.

Un grand nombre de Labiées sont dans le même cas.

2° *Le liber irrégulier.* — L'irrégularité du liber tient presque

(1) Comparez A. B. Frank, *Bot. Zeit.*, 1864, p. 388.

Digitized by Google

toujours à deux causes différentes, mais concomitantes : d'abord les cellules cambiales, en se divisant transversalement pour donner naissance aux cellules parenchymateuses, ne suivent aucune loi régulière.

Dans la Vigne, qui peut servir de passage du type régulier au type irrégulier, par l'absence des divisions secondaires, les grillages, les terminaisons des fibres libériennes secondaires et des systèmes de cellules parenchymateuses (cloisons transversales primitives), sont bien encore situés au même niveau, mais pour former le parenchyme, la cellule cambiale s'est divisée en un nombre variable de compartiments.

La deuxième cause est la division longitudinale et transversale des éléments déjà sortis du cambium ; ces divisions secondaires troublent l'ordre des cellules, et en s'ajoutant à l'irrégularité de la division des cellules cambiales, elles forment le liber le plus irrégulier possible. M. Frank (1), le premier, a sérieusement rendu attentif à ces phénomènes dans le Chêne. Dans le jeune liber, on reconnaît très-bien encore les systèmes de cellules qui correspondent à la section d'une cellule cambiale, grâce à l'ordre avec lequel ces éléments sont disposés. La cellule primitive se divise le plus souvent par des cloisons longitudinales obliques sur un plan radial, et qui en enlèvent pour ainsi dire les angles ; il y en a dans la même cellule une, deux ou plus. Toutes ne subissent pas ces divisions secondaires.

Dans les Morées, certaines cellules, situées à deux ou trois assises du cambium, se divisent, par des parois longitudinales courbes, en deux, trois, quatre, cinq et même six cellules, et ces petits foyers de multiplication donnent au jeune liber de ces plantes un aspect tout à fait caractéristique. D'abord les cloisons secondaires se distinguent par leur délicatesse ; mais cette particularité s'efface bientôt, et l'on ne peut plus retrouver l'ordre primitif. C'est la formation de ces cloisons secondaires qui constitue ce que j'ai appelé plus haut l'*accroissement par intercalation*, par opposition à l'*accroissement régulier*, par un cambium.

(1) *Loc. cit.*

Digitized by Google

Dans le liber si régulier des lames qui s'enfoncent dans le bois des Bignoniacées, comme dans le *Fridericia speciosa*, par exemple, l'ordre dans la disposition des éléments ne se trouble pas facilement ; les éléments libériens sont disposés en files radiales très-nettes, et les divisions secondaires se trahissent jusque dans les zones les plus anciennes du liber.

Les exemples de liber irrégulier ne manquent pas, c'est le cas le plus fréquent; mais je ne puis m'empêcher d'en citer encore un où ce genre de formation arrive à une complication extrême : c'est le *Cinchona officinalis*. Le liber commence brusquement sans *fibres primaires* (1). Le liber mou possède une structure extrêmement remarquable par l'abondance des foyers de multiplication secondaire. Les rayons médullaires secondaires sont très-nombreux ; leurs cellules conservent la largeur des cellules cambiales, et ils laissent entre eux encore deux rangées radiales de cellules appartenant au véritable liber mou. Les tubes cribreux restent très-larges ; mais les cellules qui doivent former du parenchyme libérien se divisent par des cloisons sensiblement longitudinales, tangentielles, radiales ou obliques, en un grand nombre, jusqu'à huit ou même dix cellules, de manière à former un tissu d'un aspect tout particulier.

- **Liber secondaire**
  - régulier... — La cellule parenchymateuse représente, par sa ***hauteur***, une fraction constante de la cellule cambiale (***ou de la cellule grillagée***), *Clematis*, *Artemisia*.
  - irrégulier. — La cellule parenchymateuse représente une fraction variable de la hauteur de la cellule cambiale, et ce caractère
    - est accompagné de divisions secondaires dans le jeune liber.
    - n'est pas accompagné de divisions secondaires dans le jeune liber.

      Type intermédiaire entre le liber régulier et le liber irrégulier.

(1) Beaucoup d'auteurs ont pris pour des fibres libériennes les cellules scléreuses, qui peuvent en effet s'en rapprocher par leur aspect, mais dont un examen attentif découvre la véritable nature. Les cellules scléreuses sont de nature essentiellement secondaire ; le jeune liber du *Cinchona officinalis* ne renferme *aucune trace* d'éléments épaissis, tandis que la vieille écorce du com-

Digitized by Google

Caractères extérieurs des cellules parenchymateuses libériennes. — Les parois antérieures et postérieures, c'est-à-dire tangentielles, sont lisses ; les parois transversales sont simplement ponctuées ou réticulées ; mais les parois latérales, tournées vers les rayons médullaires, sont toujours ponctuées, même quand les parois sont très-minces. Ces ponctuations ne sont cependant pas toujours très-visibles, ce qui tient à ce que leurs bords ne sont pas nettement arrêtés, et qu'elles ne constituent que des places amincies qui se perdent insensiblement sur les bords. Sur la coupe tangentielle, on voit alors les parois des cellules parenchymateuses sous la forme de lignes alternativement renflées et amincies (*Fraxinus*, *Ulmus*, *Acer*, *Paulownia*, *Vitis*, *Nerium*, *Daphne*, etc., etc.). Nous pouvons distinguer dans ces ponctuations deux types assez nets :

a. Les ponctuations sont allongées transversalement, couvrent une grande partie de la largeur des cellules, et se superposent avec la régularité des vaisseaux scalariformes ; elles sont d'autant plus marquées et plus profondes, que les cellules sont plus épaissies. En se dégradant, elles ne forment plus qu'une file verticale de ponctuations arrondies, souvent très-marquées comme dans l'Olivier, par exemple.

b. Les ponctuations sont arrondies, disposées en une file verticale plus ou moins régulière, et divisées en petits quartiers par des bandes unies plus ou moins nombreuses et réticulées. Dans le Chêne, le Peuplier, etc., nous trouvons des parois

merce contient une multitude d'éléments épaissis atténués aux deux bouts, et que la plupart, et peut-être tous les auteurs qui se sont occupés de la structure de cette écorce, désignent sous le nom de fibres libériennes.

Dans l'*Exostemma floribunda*, qui est voisin des *Cinchona*, il existe des fibres libériennes primaires; elles sont très-longues, plus ou moins régulièrement cylindriques, très-épaissies, sans ponctuations, ou à peu près. Un peu plus profondément, au milieu du liber mou, on trouve bientôt des cellules scléreuses, d'abord de même longueur que les cellules libériennes voisines, mais qui ne tardent pas à se prolonger en haut et en bas en une pointe irrégulière qui se glisse entre les cellules voisines. Ces cellules scléreuses ont un diamètre bien supérieur à celui des fibres libériennes ; elles sont polygonales, et leurs parois sont traversées par de très-nombreux canalicules. Le *Cinchona* est exactement dans le même cas, sauf l'absence des fibres libériennes.

Digitized by Google

marquées en moyenne de trois grandes ponctuations circulaires, divisées en deux ou quatre ou en un plus grand nombre de quartiers, quelquefois d'apparence grillagée (Peuplier). Sont-ce ces cellules que M. Hanstein appelle *Siebparenchym?* Ces ponctuations manquent toujours de plaques calleuses. Souvent elles paraissent uniformes quand on les regarde à un faible grossissement; mais en les grossissant davantage, on reconnaît qu'elles sont très-finement criblées (*Daphne collina*, etc.).

Quand on traite une coupe tangentielle par la potasse, on trouve souvent (dans le *Broussonetia*, par exemple) les cellules parenchymateuses séparées par des espaces arrondis, clairs, et ne se touchant plus que par des prolongements à la manière des cellules étoilées si connues du *Sagittaria*. En regardant ces accidents sur une coupe radiale, on découvre des cercles à *double contour* correspondant aux ponctuations. Je crois devoir considérer cette apparence comme la conséquence du ramollissement et d'un gonflement de la partie mitoyenne des parois épaisses de ces cellules.

Peut-être ce phénomène, qui est certainement très-fréquent dans le liber mou, n'est-il pas étranger à cette matière intercellulaire cambiale (matière moyenne de M. Sanio); je n'ai pas pu me former une opinion à cet égard; du reste, des savants comme MM. Sanio (1) et Dippel (2) ne sont pas d'accord à ce sujet.

Les cellules parenchymateuses libériennes se trouvent tantôt intimement mélangées aux cellules grillagées, tantôt réunies en grand nombre dans la région externe des zones, tandis que les cellules grillagées occupent alors de préférence la région interne.

A 4. Les cellules cristalligènes libériennes.

J'ai exposé, à propos des cellules cristalligènes de l'écorce primaire, les principaux faits relatifs aux cristaux mêmes du

(1) Sanio, *Anat. d. gemeinen Kiefer* (*Jahrb. für wiss. Bot.*, t. IX, *Flora*, 1874, p. 549).

(2) Dippel, *Bemerkungen*, etc. (*Flora*, 1874, p. 266).

Digitized by Google

liber; il ne me reste donc plus ici qu'à m'occuper de la morphologie de ces organites.

Les cellules cristalligènes libériennes sont plus souvent disposées en files verticales limitées, et généralement terminées en haut et en bas par des cellules pointues; une file semblable correspond par sa hauteur à une cellule cambiale. Quelquefois les cloisons transversales qui divisent celle-ci ne se sont pas développées, et alors la cellule ressemble à une fibre à parois minces; d'autres fois le mode de division est plus compliqué, et ces variations, assez rares, ne sont pas dépourvues d'un certain intérêt, et méritent, je crois, d'être citées en peu de mots. La nature tend à isoler les cristaux; la cellule primitive se divise en autant de compartiments qu'elle doit renfermer de cristaux, de sorte que chaque cristal simple ou composé se trouve isolé dans une cellule.

1. Le cas le plus simple est celui où la cellule cambiale n'est pas cloisonnée; la cellule cristalligène a la forme d'une fibre non épaissie. Cette singularité ne s'observe que dans les plantes où l'oxalate de chaux est à l'état de poussière ou de très-petits cristaux, comme dans les Solanées.

2. Le cas le plus fréquent est le cloisonnement de la longue cellule primitive en un grand nombre de petits compartiments sensiblement cubiques. Chacune de ces cellules filles renferme généralement un cristal; les deux terminales de ce système sont pointues, et dénotent clairement l'origine de ces éléments. Cette forme de cellules cristalligènes a été mainte fois décrite et figurée; on l'observe notamment avec une grande facilité dans le Chêne, le Peuplier, etc. Je puis me dispenser d'y insister en renvoyant à quelques-uns des ouvrages dans lesquels il en est question (1).

3. Le mode de division de la cellule cambiale peut être plus compliqué. Dans quelques Malpighiacées, comme l'*Hiræa Houlletiana* (pl. 9, fig. 9), on est frappé, en observant la coupe transversale du liber, par la disposition régulière deux à deux des

(1) Schacht, *Der Baum*, p. 215, 217, 219, etc. — Frank, *Bot. Zeit.*, *loc. cit.*

Digitized by Google

cellules cristalligènes : pour les former, la cellule cambiale s'est cloisonnée non-seulement par des parois horizontales, mais chacune des nouvelles cellules, sauf les 1-3 cellules terminales, s'est divisée par une paroi verticale radiale en deux cellules juxtaposées tangentiellement ; chaque petite cellule cubique renferme une agglomération cristalline. Tout le système de cellules sœurs conserve exactement sa forme prosenchymateuse primitive, et, qui plus est, ses parois paraissent alternativement minces et épaisses sur la coupe tangentielle, comme j'ai eu l'occasion de le dire des cellules parenchymateuses. Les cloisons secondaires restent souvent très-fines, et il faut quelquefois dissoudre les cristaux dans l'acide chlorhydrique pour les voir.

Le même cas se présente d'une manière plus irrégulière dans le *Pterocephalus parnassicus*. Les cellules cristalligènes libériennes résultent du cloisonnement horizontal d'une cellule cambiale en une douzaine de compartiments, dont chacun renferme un petit oursin d'oxalate de chaux ; souvent il y a aussi division longitudinale radiale, tangentielle ou même oblique, par rapport aux rayons médullaires. Elles se groupent assez nettement en files verticales, radiales et tangentielles, de sorte qu'elles forment sur la coupe transversale des stries radiales et concentriques, visibles même à l'œil nu sous forme de lignes blanches, et des stries verticales sur la coupe longitudinale. Les cellules cristalligènes ainsi que les autres éléments du liber de cette plante paraissent striés en deux sens obliques et opposés, grâce aux très-petites ponctuations en forme de losange dont ils sont couverts.

Dans le *Coprosma lucida* (Rubiacée) (pl. 9, fig. 10), les cellules cristalligènes libériennes arrivent au comble de la complication. Sur la coupe transversale, on reconnaît que la coupe de la cellule primitive est divisée en quatre à six compartiments par des lignes très-déliées, et que chacun de ces compartiments renferme un cristal de forme irrégulière. Sur la coupe longitudinale, soit radiale, soit tangentielle, on ne voit d'abord qu'une longue cellule pointue aux deux extrémités, étroitement remplie de cristaux irréguliers, si bien entassés les uns sur les autres,

Digitized by Google

qu'on a quelquefois de la peine à découvrir des interstices entre eux ; tous les cristaux sont séparés les uns des autres par des membranes qui persistent, quand on les dissout dans un acide. Ces membranes ne sont pas très-minces, et, comme elles se moulent exactement sur les cristaux, elles sont très-irrégulières. Il m'a été impossible de découvrir l'ordre des divisions successives ; les divisions longitudinales paraissent être les plus régulières. J'ai été fort surpris de ne pouvoir colorer en bleu par le chloroiodure de zinc, ni les parois secondaires, ni les parois primaires de ces cellules ; le tout s'est coloré en jaune, et a fourni une image extrêmement nette et caractéristique, après la dissolution des cristaux. Dans l'intérêt de la morphologie de la cellule, l'étude approfondie de ce mode de division mériterait d'être reprise.

Quant à la distribution des cellules cristalligènes, j'aurai les mêmes observations à faire que pour celles de l'écorce primaire. Lorsqu'il y a des éléments durs dans le liber, comme des fibres ou des cellules scléreuses, l'oxalate de chaux se dépose de préférence autour de ces masses imperméables.

Rien n'est plus net que cette disposition dans le Chêne, le long des fibres qui se reproduisent par zones régulières, accompagnées de longues files atténuées aux deux extrémités de cellules cubiques ou plus larges que hautes, on les voit garnies chacune d'un très-beau cristal prismatique oblique, entier ou diversement modifié. L'Orme offre à peu près la même distribution, mais à un degré moindre.

Quand les éléments durs manquent dans le liber, la répartition des cellules cristalligènes est en général assez uniforme.

Enfin, dans quelques plantes, comme dans la Vigne par exemple, les cristaux se disposent régulièrement entre le liber et les grands rayons ; mais ces cristaux appartiennent au tissu fondamental et non au liber. Cette circonstance me paraît être une confirmation pour la loi que j'ai cru pouvoir poser plus haut.

Digitized by Google

B 1 et 2. Laticifères et cellules sécrétrices de diverse nature dans le liber.

Les laticifères réellement libériens paraissent être relativement rares. La plupart de ces éléments ont été reconnus comme appartenant au tissu fondamental, et lorsqu'ils se transmettent dans le faisceau fibro-vasculaire, ils ne paraissent devoir être considérés que comme une dépendance du tissu fondamental (1).

Cependant il est facile de se convaincre de la présence des laticifères dans le liber mou des *Campanulacées* et des *Lobéliacées*, ainsi que dans celui des *Morées*, qui en possèdent aussi dans l'écorce primaire. Le travail si important de M. David ne s'étend pas sur cette question, et dans les Morées cet auteur ne dit pas un mot des laticifères du liber. Il y a donc là encore un point intéressant à élucider.

Je ne me suis pas occupé spécialement de la présence et de la distribution des cellules à tannin dans le liber (2). Il est certain qu'il peut s'en trouver. M. Trécul les décrit en effet dans un assez grand nombre de Légumineuses (3). Le mode de disposition de ces organes sécréteurs, ainsi que d'autres cellules de nature analogue, est souvent lié à la division du liber en couches: ainsi, par exemple, dans le *Carapa touloucana* (Méliacée), des cellules sécrétrices particulières (tannin?) accompagnent d'une manière constante les zones de fibres, et se transmettent même d'un faisceau à l'autre par les rayons médullaires, dont les cellules peuvent sécréter la même matière. Les cellules sécrétrices du liber restent souvent indivises et correspondent à la cellule cambiale (*Hartigsea spectabilis*).

(1) Voyez Hanstein, *Die Milchsaftg.*, — G. David, *loc. cit.*

(2) Trécul, *Comptes rendus*, 1865 ; *Ann. des sc. nat.*, t. IV, p. 378.

(3) La liaison que j'établis ici, pour ainsi dire sans intention, est en quelque sorte légitime depuis que M. Trécul a montré qu'il y a quelquefois mélange de latex et de tannin. (Trécul, *loc. cit.*, p. 381.)

Digitized by Google

B 3. Glandes résinifères et oléifères du liber (1).

Les idées générales sur ces glandes ont été exposées dans le chapitre de l'*Écorce primaire*; il suffit donc d'ajouter ce qui est relatif à la place de ces organes dans le liber.

Dans les cas les plus simples il existe une glande résinifère ou oléifère dans l'écorce primaire, mais en rapport manifeste avec les faisceaux fibro-vasculaires (2); de sorte que chacune de ces glandes est située à l'extérieur d'un faisceau libérien. Lorsqu'il y a des fibres libériennes, c'est à l'extérieur de celles-ci que se trouve la glande. Tel est le cas dans beaucoup de Composées, les Pittosporées, etc.

Dans une multitude de plantes on trouve des glandes résinifères disposées bien franchement dans le liber.

Dans les Térébinthinées, par exemple, le liber est généralement limité à l'extérieur par des fibres libériennes disposées suivant des arcs ou cintres, et c'est à l'intérieur de chacun de ces arcs que se trouve une grosse glande résinifère.

Dans le *Pistacia vera*, les fibres libériennes sont assez nombreuses et se rangent en croissant autour des faisceaux, entre lesquels il ne reste que des passages larges de quelques cellules seulement; les cellules des rayons médullaires placées entre les extrémités des croissants se sclérifient. Dans la partie extérieure du liber mou, comprise dans le croissant fibreux, se trouve généralement une glande résinifère d'un développement tout à fait extraordinaire. Les petites cellules sécrétrices qui entourent le méat résinifère se multiplient énormément par des divisions tangentielles, et restent rangées en files rayonnantes autour du méat; les cellules intérieures se détruisent peu à peu; on

(1) Je compte, parmi ces glandes, les anciens laticifères des Clusiacées, Ombellifères, Térébinthacées, Araliacées, que M. Trécul a montré être privés de membranes, contrairement à M. Hanstein.

(2) Le rapport qui existe entre certaines glandes oléifères (Composées) et les faisceaux peut être un simple rapport de position, sans qu'il y ait une véritable relation en ces deux parties. — Voyez, à ce sujet, Van Tieghem, *Canaux sécréteurs, etc.* (*Ann. des sc. nat.*, 5e série, t. XVI, p. 116). Cet auteur montre que, dans cette famille, les glandes oléifères dépendent de la gaîne protectrice.

Digitized by Google

voit de petits lambeaux de parois cellulaires faire saillie à l'intérieur de la glande. Cette disposition, très-constante dans la famille des Térébinthacées (*Comocladia*, *Mangifera*, *Spondias*), se rencontre encore dans quelques Burséracées (*Bursera gummifera* non *Amyris*) (1).

En tout cas, ces grosses glandes peuvent être suivies d'analogues plus petites disposées par zones dans le liber mou : ainsi, dans le Lierre, on en trouve des zones concentriques régulières.

Il en est de même dans plusieurs Méliacées. Dans l'*Ekebergia capensis*, on trouve, en dehors de chaque faisceau libérien : une grosse glande ; ensuite deux zones de fibres alternant avec du liber mou ; puis une zone de liber mou renfermant une zone de petites glandes, quatre zones de fibres alternant avec du liber mou, une zone de liber mou renfermant des glandes ; enfin trois zones de fibres, une zone de glandes, trois zones de fibres, une zone de glandes ; et ainsi de suite, bien entendu avec des variations de nombre.

Dans une infinité d'autres plantes, de petites glandes sont distribuées sans ordre apparent dans le liber mou (Hypéricinées).

Les caractères tirés de la présence et de la disposition de ces glandes sont très-importants au point de vue de l'anatomie comparée, parce qu'ils sont d'une constance presque absolue.

B. 4. Lacunes à gomme.

Les *lacunes à gomme* sont très-rares dans le liber ; cependant je les ai observées dans les Schizandrées (*Sphærostemma propinquum*, *Kadsura japonica*). Dans le *Sphærostemma*, par exemple, on voit au-dessous des fibres d'un même faisceau une grande lacune dépassant environ 4-6 fois le diamètre moyen des cellules environnantes. Ces lacunes, qui peuvent même toucher les fibres par une de leurs faces, sont remplies d'une matière gommeuse très-nettement stratifiée, mais je n'ai pu assister à leur formation.

(1) Van Tieghem, *Canaux sécréteurs des plantes* (*An. sc. nat.*, 5ᵉ sér., XVI, p. 172).

Digitized by Google

C. Nous passons maintenant aux transformations secondaires que peuvent subir les éléments du liber, savoir, la sclérification et la transformation en prosenchyme corné.

C 1. La sclérification.

Dans les plantes qui doivent parcourir une longue suite d'années, telles que les arbres, la sclérification des éléments libériens joue un rôle extrêmement important ; elle se fait le plus souvent d'une manière si régulière, qu'il devient évident que ces épaississements ne s'opèrent pas en vue de débarrasser simplement la plante de la cellulose superflue.

Au lieu de chercher à suivre un ordre systématique dans un phénomène si varié, je vais exposer un certain nombre d'exemples les plus frappants ; j'aurai en même temps l'occasion de m'étendre un peu sur la disposition si intéressante et si variée des éléments libériens.

Le Bouleau (*Betula alba*). — A la limite externe des faisceaux fibro-vasculaires sont placés des groupes de fibres libériennes qui ne présentent rien de remarquable quant à leur structure : ce sont là les seules fibres qui se trouvent dans l'écorce du Bouleau. Le tissu situé immédiatement au-dessous des fibres ressemble beaucoup au parenchyme de l'écorce primaire et contient, comme ce dernier, une certaine quantité de chlorophylle. Le liber mou du faisceau fibro-vasculaire est traversé par de petits rayons médullaires secondaires peu visibles sur une coupe transversale, mais tranchant nettement sur le tissu environnant par la forme de leurs cellules sur la coupe longitudinale tangentielle. Le liber mou est composé de cellules grillagées de structure compliquée et de cellules parenchymateuses. Celles-ci sont lisses sur leurs parois antérieures et postérieures, et portent sur leurs parois latérales quelques grandes ponctuations simples ou divisées. Leur contenu est une matière granuleuse assez opaque, et, en hiver, de l'amidon. Les cellules parenchymateuses du liber paraissent conserver pendant longtemps le pouvoir de se diviser longitudinalement ; elles dessinent, dans le liber, des zones concentriques d'une certaine

Digitized by Google

épaisseur, qui, avec les rayons médullaires qu'elles coupent à angle droit ou obliquement, divisent le liber en rectangles ou en parallélogrammes. Le tissu ainsi circonscrit est composé lui-même de cellules parenchymateuses et de cellules grillagées disposées sans ordre appréciable. Les parois transversales des cellules grillagées sont fortement inclinées, le plus souvent vers les rayons médullaires, et portent un nombre variable (en moyenne huit) de ponctuations allongées horizontales, parallèles, et laissant par conséquent, sur la paroi, un épaississement scalariforme. Ces ponctuations, très-nettement grillagées, sont recouvertes de plaques calleuses sur les deux faces. Les parois antérieures et postérieures, c'est-à-dire celles qui sont tournées vers le bois et vers l'écorce primaire, sont couvertes de réticulations dont les interstices sont grillagés avec une finesse extrême. Les parois latérales sont souvent lisses, mais souvent aussi elles portent des grillages moins ténus que les derniers, mais plus fins que les grillages transversaux.

Les cristaux sont relativement rares dans le liber du Bouleau.

Quand une zone libérienne est arrivée à un certain âge, ses éléments subissent une transformation remarquable; ils s'épaississent graduellement jusqu'à perdre complétement leurs cavités; la paroi cellulaire est alors percée d'un grand nombre de canalicules rayonnants droits et marqués, à l'extérieur, d'une infinité de ponctuations arrondies. Quelques-unes des cellules parenchymateuses se remplissent en outre de gros cristaux prismatiques rhomboïdaux, qui sont, pour ainsi dire, empâtés dans la masse cellulosienne. Cette sclérification du tissu libérien commence à l'intérieur des petits rectangles; les cellules grillagées subissent le même sort que les cellules parenchymateuses; elles portent encore leurs grillages terminaux alors qu'elles sont transformées en une masse solide. Ce sont les cellules parenchymateuses placées entre les zones qui résistent le plus longtemps à cette dégénérescence.

Il n'est pas rare de trouver des rectangles complétement sclérifiés déjà dans la deuxième zone libérienne; mais inversement il n'est pas rare non plus qu'une aire libérienne très-âgée reste

Digitized by Google

parfaitement intacte au milieu d'un tissu complétement durci, et les aires sont le plus souvent disposées par zones concentriques sans que cette loi soit d'une généralité absolue. Tout à fait à l'extérieur il y a ainsi des lames de tissu libérien parfaitement vivant enclavées entre des masses sclérifiées d'une épaisseur notable et ne communiquant que peu avec le reste du liber vivant; les rayons médullaires secondaires se conservent à l'état vivant dans les parties les plus âgées de l'écorce et traversent souvent des masses scléreuses très-volumineuses sans changer d'aspect.

Nous voyons donc que tous les éléments du liber peuvent se sclérifier, les cellules grillagées comme les autres, et dans le Bouleau ce sont précisément les cellules grillagées qui subissent les premières cette modification.

Quelques auteurs, comme Schacht (1), Hartig (2), J. Chalon (3), supposent que les cellules grillagées peuvent se transformer en fibres libériennes; mais Schacht émet des doutes à ce sujet.

Ces auteurs ont peut-être observé des faits analogues à ceux que je viens d'exposer. En tout cas, ces éléments ne peuvent être considérés comme des fibres libériennes; ce sont des cellules scléreuses.

Le Bouleau est un exemple qui montre la sclérification au plus haut degré; dans la plupart de nos grands arbres ce phénomène n'arrive pas à cette intensité, et même dans bien des cas la sclérification est tout à fait insignifiante.

Au lieu d'être dispersées dans tout le liber, les cellules destinées à se sclérifier sont rigoureusement disposées suivant des zones parallèles, et protégent ainsi, à la manière des fibres libériennes, les lames de tissu mou qui les séparent. Cette sclérification régulière est ordinairement liée à la formation du périderme, dont il sera question dans le chapitre suivant (*Dodonæa*, *Serissa*). Quelquefois il se forme, à la limite du

(1) Schacht, *Der Baum*, 1860, p. 209.
(2) Hartig, *Bot. Zeit.*, 1853 et 1854.
(3) Chalon, *Mém. sur l'anat. comp. de l'écorce.*

Digitized by Google

liber, une zone de cellules scléreuses qui appartiennent en partie à l'écorce primaire, en partie au liber (*Brunfelsia americana*).

C 2. Parenchyme et prosenchyme corné (1).

Comme premier degré de cette transformation je citerai le *liber collenchymatoïde*, qui se distingue par des épaississements analogues à ceux que nous avons étudiés dans l'écorce primaire, épaississements réduits souvent au remplissage des petits espaces triangulaires (méats) que laissent si souvent les cellules entre elles. C'est là un phénomène extrêmement fréquent dans le liber, et cet état collenchymatoïde est peut-être un des caractères qui permettent le mieux de reconnaître le tissu libérien sur une coupe transversale. Dans une multitude de plantes la section des éléments libériens est arrondie sans qu'il y ait de méats entre les cellules (Chêne, Vigne, etc.); dans d'autres cas il y a une tendance très-marquée, surtout dans les régions extérieures plus âgées, à la formation d'épaississements semblables à ceux du collenchyme (*Dipsacus sylvestris*, *Rhododendron ponticum*, *Bryonia dioica*, liber intérieur). Les tissus de cette nature sont quelquefois rigoureusement localisés dans la région externe du faisceau libérien, et forment, en l'absence des fibres libériennes, un faisceau résistant qui les remplace très-bien : tel est le cas du *Melianthus major*.

Si nous passons maintenant au *prosenchyme corné* propre-

(1) Le nom de *prosenchyme corné* est dû à M. Wigand, *Ueber die Desorganisation der Pflanzenzelle* (*Jahrb. für wiss. Bot.*, t. III). M. Oudemans a réclamé la priorité (*Bot. Zeit.*, 1862, p. 43); il avait décrit ce tissu dans ses *Aantecheningen op. de Pharmacop. Neerlandica*. C'est M. Rauwenhoff (*Ann. des sc. nat.*, t. XII, p. 362) qui en donne la véritable explication. Comme un phénomène de même nature se présente aussi bien dans le parenchyme que dans les éléments prosenchymateux, j'ai étendu cette expression en distinguant le *parenchyme corné* et le *prosenchyme corné*. Il ne faut pas confondre alors ce parenchyme corné avec le parenchyme très-épaissi de l'albumen de *Phytelephas*, par exemple. Ce ne sont pas là, du reste, de véritables noms propres, et il faut s'habituer à expliquer chaque fois très-nettement de quelle espèce de tissu on veut parler.

Digitized by Google

ment dit, nous voyons que ce singulier tissu peut tantôt remplacer les fibres libériennes, tantôt les accompagner.

Dans le *Hakea saligna*, les fibres libériennes sont réunies en petits faisceaux disposés obscurément en trois ou quatre zones parallèles ; les faisceaux primaires s'avancent fort loin dans l'écorce primaire ; les faisceaux secondaires, surtout ceux des zones internes, sont accompagnés de prosenchyme corné très-développé transformé par places en une masse cellulosienne compacte, dans laquelle on ne reconnaît que quelques lignes très-fines, traces des anciennes cavités cellulaires. Ces masses compactes suivent la direction des zones, et en dedans des fibres il y a une épaisseur de cinq à dix assises de cellules, dans laquelle il n'y a que quelques cavités cellulaires.

Dans le Houx (*Ilex Aquifolium*), les petits faisceaux de fibres libériennes primaires sont séparés du liber mou par trois ou quatre assises de cellules semblables à celles de l'écorce primaire ; à la limite externe du véritable liber mou on voit une traînée compacte de cellulose qui correspond à environ quatre assises de cellules dont les cavités n'apparaissent que sous forme de petites lignes.

Dans l'Oranger (*Citrus Aurantium*), il ne se forme de fibres libériennes qu'une ou deux fois dans la partie ancienne du liber ; tout le reste du faisceau libérien cunéiforme, divisé par de nombreux rayons médullaires secondaires, n'est soutenu que par du prosenchyme corné très-développé par zones, et dans lequel ne persiste qu'un petit nombre de cavités cellulaires.

Le liber intérieur de l'*Hoya carnosa* est protégé vers la moelle par une épaisseur de trois à huit rangées de cellules aplaties et épaissies. Il en est de même, à un degré moins avancé, dans un grand nombre d'autres plantes (voy. chap. II).

Dans le *Cissus orientalis*, les fibres libériennes sont accompagnées d'un prosenchyme corné assez développé.

Dans le *Kleinia neriifolia*, le sommet du faisceau libérien est marqué par une masse compacte de cellulose creusée de quelques rares cavités cellulaires et marquée de très-fines lignes irrégulièrement onduleuses.

Digitized by Google

Enfin, dans quelques cas, tout le liber est formé par du prosenchyme corné! (1). J'ai observé ce fait dans un *Helianthemum* (*pilosum?*).

Dans le *Pittosporum Mayii*, tout le faisceau libérien, dont le sommet est marqué par une forte glande résinifère, consiste en une masse cellulosienne compacte dans laquelle on reconnaît les files radiales de cellules à des lignes d'une réfringence différente; quelques rares cavités cellulaires aplaties dirigées tangentiellement (normales aux premières lignes) constituent les restes du tissu cellulaire. Cette singulière dégénérescence se continue jusqu'au cambium.

Annexe au liber.

Le liber est presque toujours divisé par les rayons médullaires secondaires. La forme, la largeur, la hauteur et le parcours de ces rayons varie à l'infini; quelquefois, mais rarement, ils sont parallèles et parcourent tout l'entrenœud de bas en haut, et cela quand les rayons médullaires primaires sont dans le même cas (Vigne, Laurier-rose, etc.). Le plus souvent ils ont, sur la coupe tangentielle, la forme de faisceaux, et les éléments libériens décrivent entre eux des courbes onduleuses.

Dans le sens radial les rayons médullaires secondaires peuvent être rectilignes ou onduleux (Chêne). Les éléments qui les constituent sont toujours des cellules parenchymateuses qui se distinguent en général facilement du tissu libérien adjacent par leur contenu (chlorophylle, etc.).

CHAPITRE V.

LA DÉCORTICATION.

I. — La plupart des plantes herbacées restent recouvertes de leur épiderme jusqu'à la fin de la période de végétation; dans certains cas cependant on voit apparaître déjà au commencement de la deuxième moitié de la belle saison, soit une alté-

(1) Serait-ce un cas pathologique ?

Digitized by Google

ration chimique dans un tissu déterminé déjà existant (voy. plus haut), soit un tissu de nouvelle formation comme ceux que j'aurai bientôt à décrire. Dans la majorité des plantes ligneuses l'épiderme cède de si bonne heure la place à un autre tissu protecteur bien plus efficace, qu'il est souvent difficile d'en observer la première phase. Dans les plantes herbacées, au contraire, quand un tissu analogue doit se former, il n'apparaît que beaucoup plus tard, et l'épiderme est plus durable.

II. — Le tissu nouveau qui s'organise subit généralement une modification chimique particulière; la cellulose est masquée par une autre substance soluble dans la potasse caustique, insoluble dans l'acide sulfurique, se colorant en jaune et non en bleu par l'acide sulfurique et l'iode ou par le chloroiodure de zinc : on a donné à cette transformation chimique le nom de *subérification*. Quand on traite ce tissu par l'acide azotique, on donne naissance à de l'acide subérique. Outre ces réactions microchimiques, d'autres réactions plus importantes, qui tombent dans le domaine de la chimie pure, révèlent une matière particulière voisine de la cutose et distincte de la vasculose (Fremy). M. Wiesner a du reste récemment recommandé un réactif qui peut servir à distinguer, au microscope, ces deux matières l'une de l'autre : c'est l'aniline, à laquelle on ajoute un peu d'acide sulfurique; ce réactif colore la vasculose et ne colore pas les tissus subérifiés (1).

Outre cette matière qui pénètre les parois cellulaires, on constate la présence d'autres substances, et notamment de matières grasses ou résineuses solubles dans l'éther, même en l'absence de toute glande proprement dite (Bouleau); il ne faut donc pas s'attendre à trouver chimiquement les mêmes principes immédiats dans ce tissu pris dans des plantes différentes. Quoi qu'il en soit, la présence de la première de ces matières est absolument caractéristique.

(1) Il ne faut pas perdre de vue que ce réactif est purement empirique, et qu'il ne saurait décider dans les cas importants; le suber est lui-même tellement incrusté ou pénétré de matières encore inconnues, qu'il serait imprudent de chercher dans une réaction *négative* un critérium absolu.

Digitized by Google

On donne le nom de *suber* au tissu de formation nouvelle qui subit la subérification, lequel est destiné à remplacer l'épiderme dans ses principales fonctions.

La formation du suber a été l'objet de nombreux travaux, et en me dispensant de remonter très-haut, je puis dire que son histoire a été fixée par les travaux de MM. Mohl, Hanstein, Nægeli et Sanio. Une rangée de cellules prédestinées à ce nouveau travail devient le siége d'une multiplication cellulaire très-active; elles se divisent par des cloisons tangentielles; l'une des cellules-filles se divise à son tour, et ainsi de suite, suivant des lois définies, pour chaque espèce, comme nous le verrons bientôt. Tout le système ressemble donc complétement à une zone génératrice, et il a reçu de M. Nægeli le nom de zone phellogène (φελλὸς, liége).

La subérification commence non loin de la zone phellogène; mais les très-jeunes cellules consistent en cellulose.

J'ai déjà parlé de certains cas où j'ai cru voir la subérification envahir des tissus autres que ce suber (gaîne protectrice); j'ai même exprimé l'opinion que la cuticularisation est identique avec la subérification, et qu'elle ne doit être considérée que comme un cas particulier de celle-ci. En effet, dans quelques plantes (sous-arbrisseaux de la famille des Labiées), telles que la Lavande, il se forme, au-dessous des fibres libériennes, un phellogène qui engendre une faible couche de suber; toutes les parties situées en dehors de ce tissu meurent et tombent. Quand on observe plus tard la coupe transversale de l'écorce de la même plante, on ne trouve plus de couche phellogène aussi complexe. Les éléments libériens, arrivés à une certaine distance du cambium, se divisent transversalement de manière à donner des tronçons à peu près isodiamétriques; leurs parois brunissent, et tout le tissu présente les principaux caractères du vrai suber. Par une coupe tangentielle à travers ce tissu on reconnaît facilement, non-seulement la forme des éléments libériens, mais aussi les rayons médullaires. Est-ce que la zone où s'opèrent ces divisions transversales doit être considérée comme une zone phellogène? C'est ce que je ne veux

Digitized by Google

pas décider (1). Dans une foule de circonstances (voy. plus loin), des divisions transversales semblables précèdent la formation du véritable phellogène. Il y a lieu de rechercher si cette anomalie, observée dans le *Lavandula vera* et dans quelques plantes voisines, se retrouve dans d'autres plantes qui forment un liber régulier, car ces divisions transversales semblent souvent se rattacher au mode de formation des éléments libériens. Quand une lame de suber doit se former dans le liber du *Clematis Vitalba*, on voit que les divisions se font de telle manière que les cellules sont finalement deux fois moins hautes que les cellules parenchymateuses libériennes, et quatre fois plus courtes que les cellules grillagées.

III. — Revenons à la formation du véritable suber.

M. Sanio, dans un travail très-approfondi (2), montre d'abord que ce tissu provient d'une zone génératrice; ensuite il étudie les divisions qui s'opèrent dans cette zone, et il en distingue une série de modes basés sur la place qu'occupe la cellule-mère des générations successives. Il appelle *suber centrifuge*, celui où la cellule-mère de $(n + 1)^{\text{ième}}$ génération est située à l'extérieur; *suber centripète*, celui où la cellule-mère nouvelle est située à l'intérieur de la cellule sœur non prolifère de $n^{\text{ième}}$ génération; il distingue ensuite trois formations intermédiaires qui sont caractérisées par des changements périodiques dans l'ordre des divisions : ce sont les modes *centripète intermédiaire*, *centrifuge intermédiaire*, *centripète réciproque* (3).

(1) Je ne suis pas éloigné de croire que la subérification est une transformation (?) chimique destinée à communiquer aux parois cellulaires une résistance extrême aux agents extérieurs, et qui peut se présenter dans des tissus très-variés. La cuticule, les cellules épidermiques entièrement subérifiées (?) de *Cluytia*, la gaîne protectrice subérifiée (?) d'un grand nombre de Dicotylédonées, les tissus plus compliqués de différente nature subérifiés jusqu'au véritable suber, me semblent être une chaîne non interrompue de faits de plus en plus complexes, commençant par des emprunts physiologiques : cuticule subérifiée, cellules épidermiques subérifiées, etc., et se terminant par la création d'un tissu nouveau : le périderme.

(2) *Bau und Entwickelung des Korks* (*Jahrb. für wiss. Bot.*, t. II)

(3) Dans un excellent mémoire inséré dans les *Annales des sciences naturelles* (5e série, t. XII, p. 347), M. Rauwenhoff explique les découvertes de M. Sanio d'une manière qui ne laisse rien à désirer. Je puis donc me dispenser d'y insister beaucoup.

Digitized by Google

D'accord en cela avec M. Rauwenhoff (1), je suis d'avis que les caractères qui distinguent ces trois types intermédiaires ne suffisent pas, et sont trop difficiles à constater pour être introduits comme des caractères distinctifs dans l'anatomie comparée. D'ailleurs, d'après M. Sanio même, ils ne sont pas très-constants.

Dans certains cas rares, les divisions s'opèrent quelquefois d'une manière si irrégulière, qu'il est impossible de parler d'une véritable zone phellogène. Dans l'*Ixora coccinea*, le périderme se forme au milieu de l'écorce primaire; deux phénomènes concomitants se troublent réciproquement. Dans toute la partie interne de l'écorce primaire qui doit persister, il s'opère une multitude de divisions radiales, particulièrement fréquentes dans les assises externes qui représentent le phellogène; elles y sont accompagnées de divisions tangentielles ou obliques irrégulières.

Dans le *Dipsacus sylvestris*, la zone phellogène est également très-irrégulière; toutes ses cellules ne se divisent même pas.

Mais ce qui est infiniment plus important, c'est la distinction des deux premiers types centripète et centrifuge pris ensemble, et des types intermédiaires, car les résultats de ces deux modes sont tout à fait différents.

Lorsque la formation du suber appartient à l'un des types centrifuge ou centripète, il ne se forme du suber que d'un côté de la zone phellogène : le phellogène est unilatéral; mais lorsqu'elle appartient à l'un des types intermédiaires, il se forme des tissus nouveaux des deux côtés du phellogène, qui est alors bilatéral (2). Mais ce n'est qu'à l'extérieur de la zone phel-

(1) *Ann. des sc. nat.*, 5e série, t. XII.

(2) Pour éviter les confusions, je rapproche cette classification plus simple de celle de M. Sanio :

Phellogène unilatéral.....	Mode centripète.
	Mode centrifuge.
Phellogène bilatéral.....	Mode centripète intermédiaire.
	Mode centrifuge intermédiaire.
	Mode centripète réciproque.

Digitized by Google

logène que ce tissu se subérifie ; celui qui se trouve à la face interne reste cellulosien ; il se remplit de chlorophylle, et se charge du rôle de l'écorce primaire, dont il augmente ainsi l'épaisseur ou qu'il remplace tout à fait. Les auteurs allemands désignent ces cellules sous le nom de *Korkrindenzellen* (cellules cortico-subéreuses) ; elles constituent une espèce d'écorce primaire d'emprunt, ou une enveloppe verte secondaire, liée par sa formation au suber, mais absolument différente de celui-ci par ses caractères chimiques et physiologiques (1). Les nombreux exemples que j'aurai à citer à une autre occasion me dispensent de m'arrêter davantage sur ces faits intéressants, et je puis passer à l'anatomie du suber proprement dit.

IV. — *Anatomie du suber.* — L'origine même du suber, à une époque où tous les organes de la plante ont acquis leurs dimensions définitives, imprime à ce tissu un caractère qui permet toujours de le distinguer facilement ; les cellules sont, ou prismatiques rectangulaires, plus hautes (hauteur radiale) que larges, ou moins hautes que larges, tabulaires ; leurs cloisons tangentielles sont autant que possible carrées ; elles sont ordi-

(1) J'aurais voulu doter l'anatomie comparée d'un mot convenable pour désigner ce tissu si important et si fréquent ; j'y renonce de peur d'embrouiller les choses au lieu de les éclaircir. La méthode vraiment scientifique consisterait à désigner, par un terme unique, le produit de la zone phellogène, de quelque nature qu'il soit. Situé à l'extérieur, et subérifié, il constituerait alors ce qu'on appelle vulgairement le liége ; situé à l'intérieur, il serait composé de ces cellules cortico-subéreuses.

Périderme.	Suber.	Périderme subérifié.
	Phellogène.	
	Cellules cortico-subéreuses.	Périderme herbacé.

Malheureusement tous les mots grecs et latins sont employés pêle-mêle, le plus souvent sans discernement ou comme synonymes (liége, *suber*, φελλός, φλοιός, *cortex*, etc.). Peut-être pourrait-on appeler *périderme*, en général, le produit de la zone phellogène, de quelque nature qu'il soit, et distinguer un périderme subérifié (suber) et un périderme herbacé (cellules cortico-subéreuses) ; mais je ne me reconnais pas une autorité suffisante pour imposer ces nouvelles expressions.

Digitized by Google

nairement rangées en files radiales régulières, qui permettent de reconnaître toutes les cellules-filles sorties successivement d'une même série de cellules-mères. Comme la multiplication se fait en général avec la même activité sur tous les points du phellogène, et que l'accroissement des cellules est uniforme, celles-ci sont également disposées en rangées tangentielles.

Les parois des cellules subéreuses peuvent rester très-minces : lorsqu'elles sont de forme tabulaire, elles restent alors dans cet état (*Grabowskya Boerhaaviæfolia*) ; lorsqu'elles sont cubiques ou plus hautes encore, les parois latérales, et quelquefois les parois tangentielles aussi, se plissent d'une manière caractéristique, et deviennent ondulées (Chêne, *Lonicera*, *Diervilla*, *Olea*, *Vitex*) ; souvent elles sont complétement aplaties, de manière à ne plus laisser reconnaître les parois latérales (*Celastrus*, *Cistus*).

Les parois cellulaires peuvent s'épaissir d'une manière régulière, de sorte que les cellules ne peuvent plus perdre leur forme (Morées, *Vitis*).

Enfin, dans un grand nombre de cas, la face supérieure (*oberseitige Verdickung*) (1) ou la face inférieure (*unterseitige Verd.*) seule s'épaissit, et cet épaississement, souvent très-nettement secondaire et chimiquement différent de la paroi primaire, gagne plus ou moins les parois latérales, où il les laisse complétement intactes. Nous avons un exemple très-remarquable de ce dernier cas dans le *Brunfelsia americana* : toutes les parties tangentielles sont épaissies (épaississement direct de la paroi), et comme elles sont rigoureusement contiguës, elles forment de petits murs solides parallèles, écartés par les cloisons latérales, qui restent très-minces.

Généralement c'est la paroi interne des cellules qui s'épaissit : l'épaississement se continue en mourant sur les parois latérales ; il constitue une espèce de godet de structure stratifiée et souvent percé de canalicules. Il n'est pas rare qu'il soit assez distinct de la paroi primaire pour s'en détacher (2) (*Pla-*

(1) Sanio, *loc. cit.*

(2) C'est là un des plus beaux exemples d'un épaississement secondaire du genre de ceux dont parle M. Sanio dans son récent travail : ***Anatomie der gemeinen Kiefer*** (*Jahrb. für wiss. Bot.*, t. IX).

Digitized by Google

tanus occidentalis, *Thea viridis*, *Malpighia punicifolia*, *Rondeletia*) ; assez souvent, les parois latérales et intérieures, et même une partie des parois extérieures, sont épaissies de manière à donner à la cavité cellulaire une forme bizarre (*Camellia*).

L'épaississement extérieur est beaucoup plus rare. Il se présente d'une manière admirable dans le *Coprosma lucida*, où les cellules subéreuses ont la forme de certaines cellules épidermiques ; les parois extérieures sont cintrées et épaissies ; l'épaississement descend sur les parois latérales, et se termine assez brusquement vers le tiers inférieur de ces parois, qui sont marquées de longues ponctuations parallèles, normales, à la surface de la plante.

Dans le *Coleonema album* (Diosmée), on trouve au-dessous de l'épiderme un périderme volumineux formé par des cellules tabulaires, dont la paroi externe se couvre d'une plaque très-réfringente, qui se colore en jaune par le chloroiodure de zinc ; cet épaississement présente une structure stratifiée, et donne la croix de polarisation ; il n'est pas traversé par des canalicules. Après un traitement par l'acide chromique, le chloroiodure le colore en bleu.

Le suber de *Diosma ericoides* est dans le même cas, ainsi que plusieurs autres Diosmées. Nous trouvons un autre exemple dans le *Triphasia trifoliata*.

Enfin les cellules subéreuses peuvent être fortement épaissies dans toutes leurs parties. Telles sont celles qu'on trouve disposées par couches dans le suber de l'*Hiræa Houlletiana*.

Le suber peut être composé des mêmes éléments dans toutes ses parties (homogène), ou bien il est formé par des couches alternantes de cellules différentes. Un des exemples les plus connus de ce genre est le suber du Bouleau, qui consiste en couches alternantes de cellules à parois minces remplies d'air et de cellules plus épaissies tabulaires. Dans le *Coprosma lucida* que je viens de citer, les cellules épaissies sont accompagnées de zones de cellules plus minces. Dans le *Clusia flava*, les cellules subéreuses minces alternent avec une assise de cellules

Digitized by Google

comprises entre deux cloisons tangentielles très-épaissies et remplies d'une matière rouge (1).

Les parois cellulaires du suber sont incolores, légèrement jaunes ou brunes, quelquefois vertes (Morées). Le contenu est le plus souvent de l'air; quelquefois, quand les cellules sont encore très-jeunes, des matières colorantes violettes ou roses, rarement des gouttelettes graisseuses (*Morina longifolia*), mais très-souvent une matière colorante rouge brun, qui apparaît non moins souvent dans d'autres parties végétales mortes.

Anatomie des cellules cortico-subéreuses. — Les cellules cortico-subéreuses varient peu; elles sont presque toujours rigoureusement alignées en files radiales et tangentielles comme les cellules subéreuses; leurs parois restent cellulosiennes; dans quelques cas, il se forme entre elles des méats intercellulaires (Rubiacées) qui troublent un peu l'ordre primitif.

Les cellules cortico-subéreuses sont très-fréquentes, mais il est rare qu'elles acquièrent une grande importance; je reviendrai sur leur formation.

V. — La place où se forme le premier suber varie beaucoup; il est suivi ou non de nouvelles lames de ce tissu, et sous ce rapport il faut distinguer des plantes qui ne forment de suber qu'une seule fois : un suber primaire ou périderme primaire persistant, et celles qui développent successivement plusieurs lames de ce tissu à des profondeurs croissantes (suber ou périderme secondaire, tertiaire, etc.). Il est inutile d'ajouter que les tissus situés en dehors du suber meurent et se dessèchent après avoir cédé à la plante qui les porte les matières qui peuvent lui être utiles. Ces couches, ou plaques mortes, ont reçu de Mohl

(1)

- Suber homogène.
  - Parois minces.
    - Cellules tabulaires.
    - Cellules aplaties avec parois onduleuses.
    - Cellules hautes.
  - Parois épaissies.
    - Paroi inférieure épaissie.
    - Paroi supérieure épaissie.
    - Épaississement uniforme.
- Suber hétérogène.

Digitized by Google

le nom de *rhytidome* (Borke). Cette distinction n'a toutefois que peu d'importance au point de vue de la classification, car on trouve sous ce rapport des différences non-seulement dans les espèces du même genre, mais aussi dans les variétés d'une même espèce.

Le *Quercus suber* possède un périderme primaire persistant; le *Quercus pedunculata* et les autres Chênes forment du rhytidome; l'*Ulmus campestris* var. *pyramidalis* forme du rhytidome; l'*Ulmus campestris* var. *suberosa* a un périderme primaire persistant.

Mais ce qui est beaucoup plus important, *c'est la place qu'occupe le périderme primaire*, suivi ou non d'autres péridermes.

Le périderme primaire peut se développer :

1° Dans l'épiderme;

2° Dans la rangée de cellules situées immédiatement au-dessous de l'épiderme;

3° A une profondeur quelconque dans l'écorce primaire;

4° Immédiatement en dehors des fibres libériennes, ou entre le liber mou et l'écorce primaire, quand les fibres font défaut;

5° Immédiatement au-dessous des fibres libériennes primaires.

Je vais exposer quelques exemples de chacun de ces différents cas (1).

Il y a cependant quelquefois des différences notables sous ce rapport. Ainsi, dans la famille des Rubiacées, le périderme primaire se développe dans l'épiderme même chez les *Sipanea carnea*, *Exostemma floribunda*, *Cephalanthus occidentalis;* immédiatement au-dessous dans un assez grand nombre de genres, parmi lesquels je citerai *Pinckneya pubens*, *Rondeletia odorata*, *Burchellia capensis*, *Gardenia florida*, *Chinchona officinalis*, *Coprosma lucida* (pas toujours?); à une faible profondeur assez variable dans le *Pavetta indica;* à peu de distance des fibres libériennes dans le *Coffea arabica;* au milieu dans l'*Ixora coccinea*.

(1) M. Sanio a cité un certain nombre de plantes pour chacun de ces cas. Parmi les exemples qui suivent, on n'en trouvera qu'un petit nombre que cet observateur a déjà indiquées.

Digitized by Google

Il prend naissance immédiatement au contact des fibres ou à la limite du liber et de l'écorce primaire, dans les *Pœderia fœtida*, *Leptodermis lanceolata*, *Phyllis Nobla*, *Putoria calabrica*, *Bouvardia Jacquini*, *Serissa fœtida*. Dans le dernier cas, il se forme souvent une grande épaisseur de cellules cortico-subéreuses qui remplacent et simulent l'écorce primaire, d'autant plus parfaitement que les cellules se disjoignent, laissent des méats entre elles, et se dérangent plus ou moins de leur position régulière, par exemple chez les *Leptodermis lanceolata*, *Serissa fœtida*.

Je ne crois pas que cette variété dans la famille des Rubiacées puisse atténuer la valeur de la position du périderme primaire comme caractère de famille; c'est une famille reconnue très-hétérogène. Dans la famille des Caprifoliacées, telle qu'elle est généralement adoptée aujourd'hui, on observe dans la position du périderme primaire une différence qui coïncide avec d'autres caractères anatomiques et avec la division en deux tribus : les Lonicérées et les Sambucées. Les Lonicérées développent le périderme primaire au-dessous des fibres libériennes primaires, les Sambucées immédiatement au-dessous de l'épiderme.

Parmi les Apocynées, les *Tabernæmontana amygdalifolia*, *Carissa Arduini*, *Nerium Oleander*, développent le périderme primaire dans l'épiderme; chez les *Cerbera Manghas*, *Alyxia Forsteri*, *Allamanda verticillata*, *Beaumontia grandiflora*, dans la rangée de cellules situées immédiatement au-dessous de l'épiderme. Dans les Asclépiadées, la même différence se fait sentir : les *Periploca græca*, *Asclepias mexicana*, etc., développent le suber dans l'épiderme; mais chez les *Cynanchum monspeliacum*, *Hoya carnosa*, *Stephanotis floribunda*, *Marsdenia erecta*, c'est dans la rangée de cellules situées au-dessous de l'épiderme. Dans les quatre genres de Cestrinées étudiés, tous (*Céstrum*, *Habrothamnus*, *Iochroma*) ont le périderme primaire sous l'épiderme, sauf les *Vestia lycioides*, qui le développent dans l'épiderme. Chez les Solanées, des différences semblables se font sentir, et dans quelques genres (*Solanum*, *Nierembergia*) on trouve encore cette formation si curieuse du périderme dans l'épiderme. Chez la plupart des Bignoniacées, le périderme paraît se former au-

Digitized by Google

dessous de l'épiderme. Dans l'*Amphilophium Mutisii*, les premiers faisceaux libériens (dépourvus de liber mou) sont éliminés par un périderme local, dont les bords s'appuient de tous côtés sur l'épiderme, et le tissu subéreux est assez abondant pour remplir les vides laissés par la chute des eschares. Dans l'*Hexacentris coccinea*, le périderme primaire enlève également les fibres extérieures qui soutiennent l'épiderme. Dans les Verbénacées, sauf dans les *Volkameria* et *Lantana*, le périderme se forme au-dessous de l'épiderme (*Vitex incisa*, *Agnus-castus*, *Ægiphila martinicensis*, *Spielmannia africana*, *Stachytarpheta mutabilis*, *Cytharexylon Barba-Jovis*, etc.). Dans le *Lantana alba*, il y a, en face des quatre arêtes couvertes d'aiguillons, de gros paquets de fibres libériennes, et, entre ceux-ci, les autres fibres sont disposées par très-petits groupes; le périderme primaire s'établit au-dessous des fibres, et fait tomber à la fois tout ce qui est en dehors, de sorte que la tige devient inerme. Dans le *Volkameria inermis*, le périderme se forme au-dessous des fausses fibres extérieures. Dans un certain nombre de Labiées ligneuses, le périderme primaire se forme au-dessous des fibres libériennes (*Lavandula*, *Rosmarinus*), tandis que dans d'autres il se forme sous l'épiderme (*Plectranthus fruticosus*, *Leonotis*).

Dans le *Plantago afra*, le périderme est très-particulier; les cellules épidermiques sont très-petites, et au-dessous se trouve généralement une seconde rangée de cellules de même grandeur que les premières; la membrane mitoyenne entre ces deux assises est collenchymatoïde; puis viennent une ou deux rangées de cellules incolores ou contenant un liquide carminé : c'est dans la plus interne de ces rangées que prend naissance le périderme, qui engendre vers l'intérieur des cellules cortico-subéreuses; le reste de l'écorce primaire est homogène herbacé. Le *Plantago Lœfflingii* développe son périderme primaire au-dessous des fibres libériennes.

Dans les Épacridées et les Éricacées, le périderme primaire paraît toujours se former au-dessous des fibres libériennes primaires (dans tous les genres étudiés : *Epacris*, *Leucothoe*, *Kalmia*, *Clethra*, *Azalea*, *Ledum*, *Zenobia*, *Macleania*, *Psam-*

Digitized by Google

mesia, *Lyonia*, *Arctostaphylos*, *Andromeda*, *Rhododendron*) (1).

Dans les *Vaccinium*, le périderme se forme immédiatement au-dessous de l'épiderme.

Dans les Oléinées, il se développe au-dessous de l'épiderme, sauf dans le *Forsythia viridissima*, où il prend naissance dans l'épiderme.

Dans les Hypéricinées, il y a une différence assez significative entre les *Hypericum* avec leur périderme au-dessous de l'épiderme, et l'*Ancistrolobus pulchellus*, qui possède au-dessous des fibres libériennes primaires un périderme à cloisons internes épaissies, comme dans les Ternstrœmiacées, qui ne sont cependant pas très-constantes elles-mêmes sous ce rapport ; tandis que *Thea* et *Camellia* présentent ce périderme épaissi au-dessous des fibres, le *Visnea mocanera* et le *Ternstrœmia brevipes* ont un périderme à parois onduleuses au-dessous de l'épiderme.

Les Euphorbiacées ont le périderme primaire au-dessous de l'épiderme.

Je clos cette énumération trop longue par quelques exemples réduits aux noms des plantes pour les dispositions les plus rares.

Dans l'épiderme, outre les cas cités plus haut : *Staphylea*, quelques Célastrinées.

Au-dessous du collenchyme : *Phlomis fruticosa*.

A deux assises environ du liber : *Melianthus major*.

En dehors des fibres libériennes et en contact avec elles : *Diplacus punicus*, *Rhytidophyllum Plumieranum*.

Entre le liber et l'écorce primaire en l'absence de fibres : *Dipsacus*, *Cephalaria*, *Calceolaria rugosa*.

Au-dessous des fibres libériennes primaires : *Buddleia globosa*, *Gesneria elongata* (2), *Eranthemum spinosum* (Acanth.), *Fagonia cretica* (Zygoph.).

(1) Arth. Gris l'avait déjà reconnu pour un certain nombre d'espèces en 1872 (*Comptes rendus*, 1872, p. 875).

(2) Immédiatement au-dessous de l'épiderme il peut s'établir un peu de périderme revêtant le caractère de productions subéreuses locales, mais le véritable périderme primaire régulier se développe au-dessous des fibres libériennes.

Digitized by Google

Il me sera permis de passer sous silence quelques-uns de nos arbres, qui ne forment qu'un seul périderme et conservent ainsi une écorce à peu près lisse, au moins pendant la plus grande partie de leur existence; les travaux si importants de MM. Hugo Mohl et Hanstein me dispensent d'en parler.

VI. — Le périderme primaire, tel que nous venons de l'étudier, est souvent suivi, à une profondeur variable, d'une série de péridermes qui enlèvent successivement plusieurs lames de rhytidome. Depuis MM. Hugo Mohl et Hanstein on distingue :

1° Le rhytidome annulaire (*Ringelborke*), compris entre deux lames de périderme concentriques.

2° Le rhytidome écailleux, compris entre des lames de périderme dont les bords s'appuient sur un périderme précédent.

La formation du périderme primaire au-dessous des fibres libériennes primaires indique le rhytidome annulaire, surtout lorsque les fibres libériennes secondaires sont disposées en zones (1).

a. Rhytidome annulaire. — Je ne veux pas revenir encore une fois, après M. Hanstein, sur les beaux exemples qui ont servi à établir ce type : la Vigne, la Clématite, etc.; je me bornerai à décrire quelques-uns de ceux qui se recommandent encore par d'autres qualités.

Lyonia paniculata (pl. 10, fig. 5). — Le liber de cette Éricacée consiste en couches alternantes de fibres et de liber mou. Les couches de fibres sont fortes de une à trois assises; celles de liber mou de six assises de cellules en moyenne; les cellules des petits rayons médullaires se sclérifient au niveau des fibres libériennes. Le périderme primaire se forme au-dessous des fibres libériennes primaires; puis vient une succession de péridermes qui ne laissent entre eux qu'une, deux ou trois assises

(1) L'étude du rhytidome des plantes exotiques ne peut être qu'incomplète, parce que, d'un côté, les plantes cultivées en serre sont trop précieuses pour être sacrifiées, et que, d'un autre côté, les échantillons des herbiers sont presque toujours beaucoup trop jeunes.

Cette étude ne peut donc se faire que dans des circonstances exceptionnelles : c'est une raison pour ne laisser échapper aucune occasion de ce genre.

Digitized by Google

d'éléments libériens et divisent une seule couche libérienne, par exemple, en cinq lames de rhytidome.

Dans le *Coprosma lucida*, le périderme ($n^{ième}$ + 1) se forme quelquefois dans la rangée de cellules située immédiatement au-dessous du périderme $n^{ième}$, de sorte que le rhytidome est réduit à une seule membrane cellulaire.

Les cellules cortico-subéreuses peuvent enfin jouer un rôle très-important dans la décortication. La famille des Rubiacées nous en fournit des exemples très-frappants. Dans le *Serissa fœtida*, l'épiderme de l'écorce primaire, composée d'un collenchyme (2-3 assises) et d'un tissu lâche, tombe par la formation du périderme primaire qui se forme à la limite du liber au-dessus des fibres libériennes. Celles-ci sont en petit nombre, et il ne s'en forme pas de secondaires; elles manquent même sur de grandes étendues. Le liber mou est très-épaissi et consiste en cellules parenchymateuses fortement ponctuées sur les faces latérales, et en tubes cribreux de structure très-simple. Il se forme ensuite plusieurs lames successives de péridermes secondaires, fournissant chacune à l'intérieur une couche épaisse de quatre assises et plus de cellules cortico-subéreuses qui laissent entre elles de petits méats; la partie externe du liber mou se sclérifie, et le périderme suivant s'établit au-dessous de la zone sclérifiée, de sorte que chaque lame rhytidomatique est formée par une couche de cellules cortico-subéreuses et une couche scléreuse; les cellules cortico-subéreuses remplacent chaque fois l'écorce primaire.

Le *rhytidome écailleux* de nos arbres a été décrit avec un soin extrême par les deux observateurs allemands que j'ai déjà cités plusieurs fois, MM. Mohl et Hanstein; dans quelques cas seulement les cellules cortico-subéreuses me paraissent avoir été un peu négligées. Ainsi, on sait que la surface fraîchement dépouillée de l'écorce du *Platanus occidentalis* est d'un vert jaunâtre très-clair; peu à peu elle devient d'un vert plus foncé grisâtre, et enfin, quand les cellules meurent par suite de la formation d'un nouveau périderme, elle devient brune. M. Hanstein dit que la couleur verte de l'écorce provient de

Digitized by Google

la coloration verte des cellules du périderme : c'est, en effet, ce qui a lieu au commencement ; mais il se forme bientôt, à l'intérieur du suber, des cellules cortico-subéreuses rangées régulièrement en files radiales et tangentielles ; la production du suber proprement dit cesse avant que l'autre commence, et l'activité du phellogène paraît passer ici du type centripète au type centrifuge.

EXPLICATION DES PLANCHES.

Dans toutes les figures : *ep.* signifie épiderme ; *e. pr.* écorce primaire ; *f.* fibre ; *f. l.* fibre libérienne ; *l. m.* liber mou ; *c.* cambium ; *b.* bois ; *v. p.* vaisseau ponctué ; *p. l.* parenchyme ligneux ; *tr.* trachée ; *v. g.* vaisseau grillagé ou tube cribreux ; *pd.* périderme ; *rh.* rhytidome.

PLANCHE 9.

Fig. 1. Épiderme de la tige de ***Pedilanthus Houlletianus***. Presque toutes les cellules se divisent par une, deux, ou même trois cloisons. — *st.*, stomate.

Fig. 2. Épiderme de la tige de ***Leycesteria formosa*** (pris à la base de la tige). Division de quelques cellules épidermiques par de fines cloisons dirigées dans plusieurs directions (*a*).

Fig. 3. Épiderme de la tige de ***Russelia juncea***. Divisions secondaires nombreuses (*a*).

Fig. 4. Coupe longitudinale radiale de l'épiderme de ***Russelia juncea***. Les cellules épidermiques se divisent également par des cloisons tangentielles en deux cellules superposées.

Fig. 5. A. Cellules scléreuses de la moelle de ***Kadsura japonica***, sur la coupe longitudinale. Les parois de ces cellules renferment des cristaux d'oxalate de chaux.

B. Idem. Coupe transversale.

Fig. 6. Cellule cristalligène de la moelle de ***Kigellaria africana***. Le cristal est tenu en place par des prolongements cellulosiens terminés par un petit bouton.

Fig. 7. Cloisons transversales des cellules grillagées de ***Broussonetia papyrifera***.

A. Coupe oblique. Réseau cellulosien traversé par les filaments protoplasmiques.

B. Coupe horizontale à travers la cloison (fendue par le couteau). Au centre de chaque maille on aperçoit la coupe du filament protoplasmique.

C. Coupe verticale. On voit le réseau cellulosien recouvert de chaque côté par une masse incolore, qui est elle-même traversée par les filaments protoplasmiques.

Digitized by Google

Fig. 8. Cellule grillagée striée du *Quercus pedunculata*.

Fig. 9. Cellule cristalligène du liber mou de l'*Hiræa Houlletiana*. Coupe tangentielle. La cellule se divise transversalement et longitudinalement en un système de compartiments dont chacun renferme un petit oursin d'oxalate de chaux.

Fig. 10. Cellules cristalligènes du liber du *Coprosma lucida*, irrégulièrement divisées. Les cristaux ont été dissous dans l'acide chlorhydrique, et les cavités reproduisent exactement les formes des cristaux.

PLANCHE 10.

Fig. 1. Coupe transversale de la partie interne du faisceau fibro-vasculaire du *Goodenia ovata*.

Fig. 2. Coupe transversale du liber intérieur de l'*Iochroma tubiflora*.

Fig. 3. Coupe transversale du bois avec un faisceau libérien du *Chironia linoides*.

Fig. 4. Idem. Coupe radiale.

Fig. 5. Coupe transversale de l'écorce du *Lyonia paniculata*.

PLANCHE 11.

Fig. 1. Coupe transversale de la partie centrale de la tige du *Bryonia dioica*, en automne.

Fig. 2. Coupe transversale de l'écorce et de la partie externe d'une des lames alternativement ligneuses et libériennes de la tige de l'*Hexacentris coccinea*.

Vu et approuvé, le 7 août 1875.

Le Doyen de la Faculté des sciences,

MILNE EDWARDS.

Permis d'imprimer, le 7 août 1875.

Le Vice-recteur de l'Académie de Paris,

A. MOURIER.

Digitized by Google

Digitized by Google

DEUXIÈME THÈSE

PROPOSITIONS DONNÉES PAR LA FACULTÉ

ZOOLOGIE. — 1° Des organes de l'ouïe chez les divers animaux.
2° De l'organisation des Batraciens comparée à celle des Poissons.

GÉOLOGIE. — Caractères du lias en Europe.

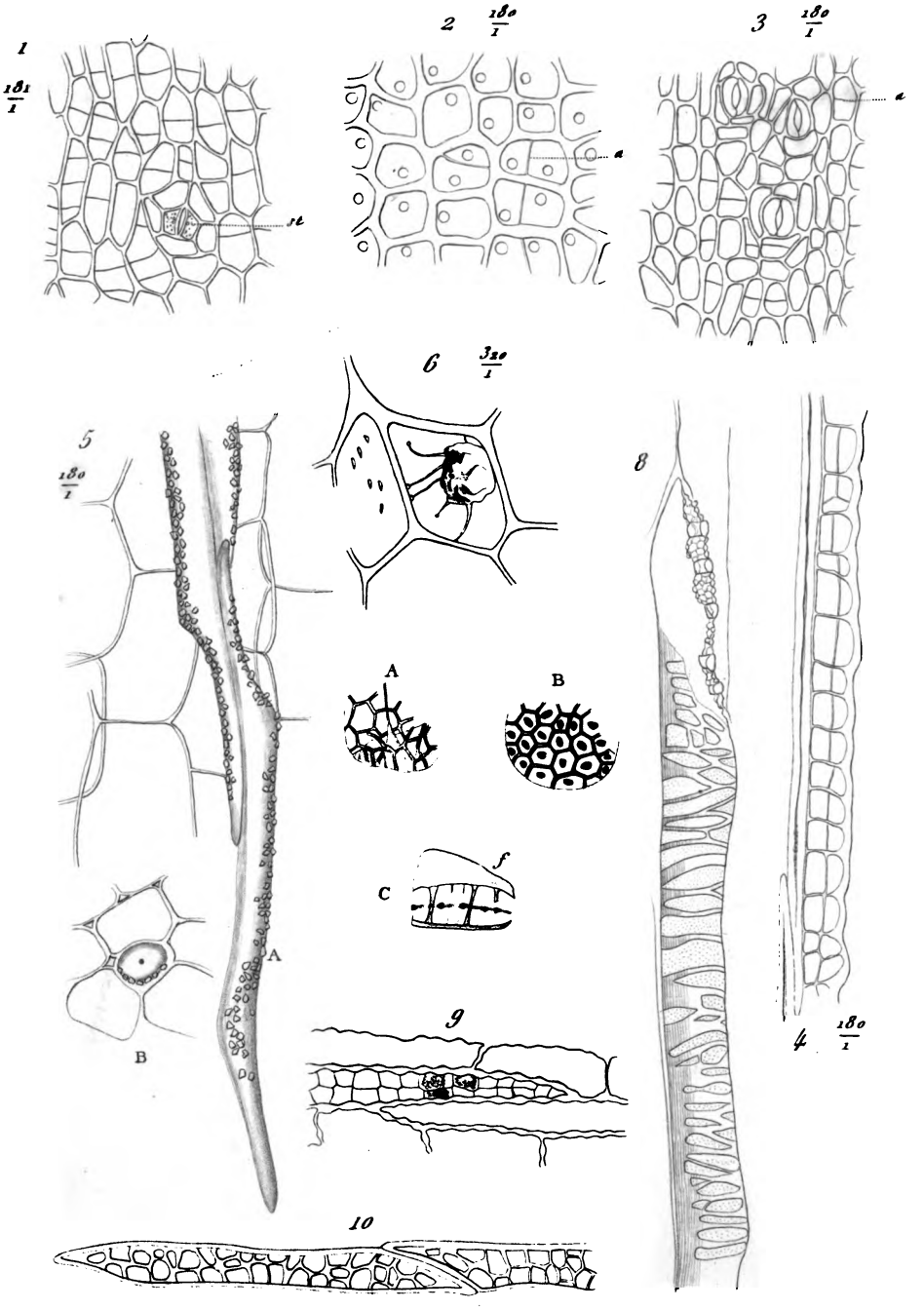
Vu et approuvé, le 7 août 1875.
Le Doyen de la Faculté des sciences,
MILNE EDWARDS.

Permis d'imprimer, le 7 août 1875.
Le Vice-recteur de l'Académie de Paris,
A. MOURIER.

PARIS. — IMPRIMERIE DE E. MARTINET, RUE MIGNON, 2

Digitized by Google

Digitized by Google



J.V. del. Pierre sc.

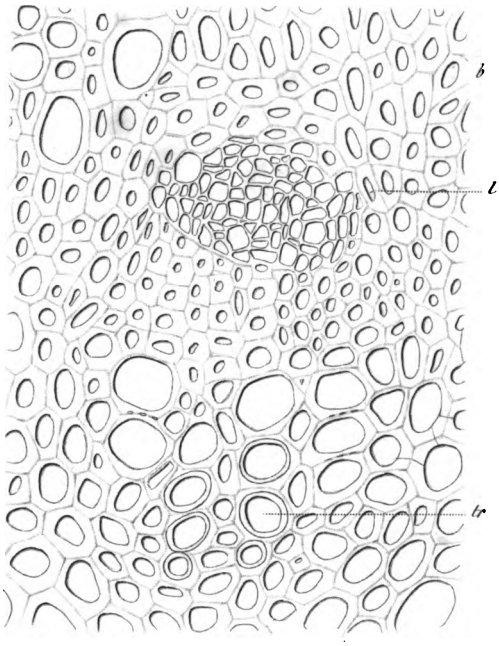
Anatomie comparée de l'Ecorce.

Imp. A. Salmon, r. Vieille Estrapade, 15, Paris

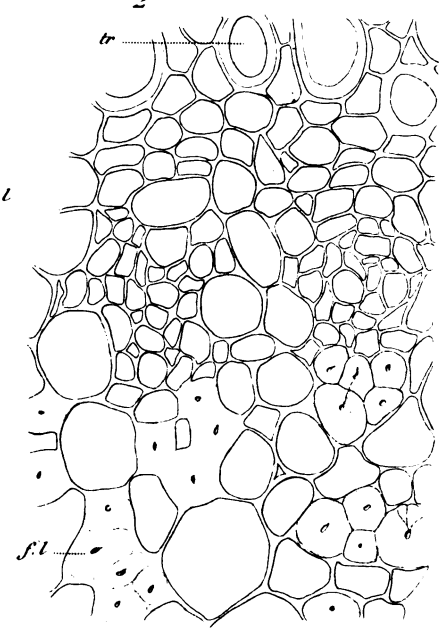
Digitized by Google

Digitized by Google

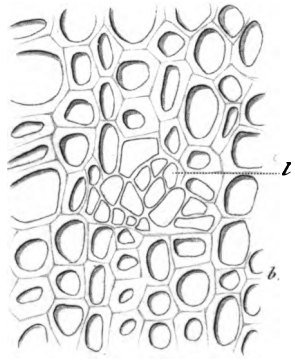
1



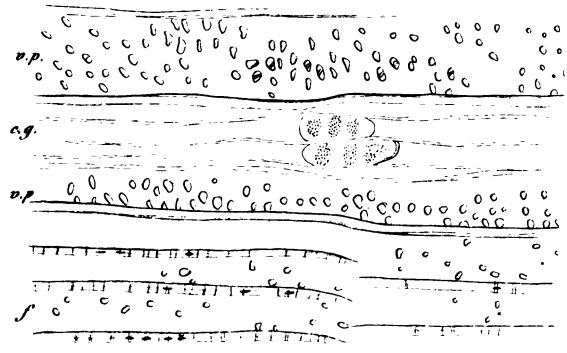
2

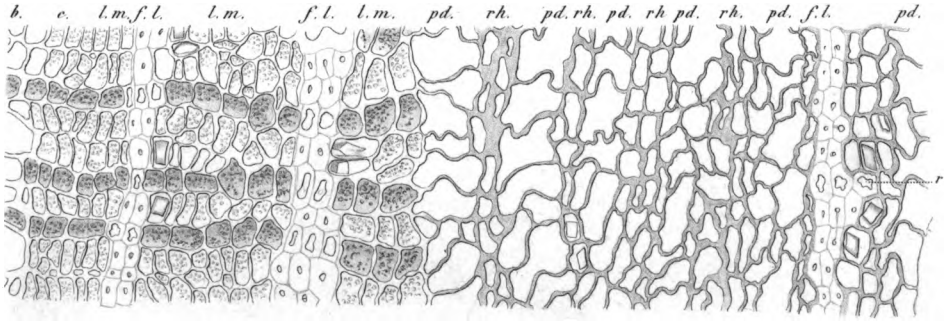


3



4





J.V. del. 5 Pierre sc.

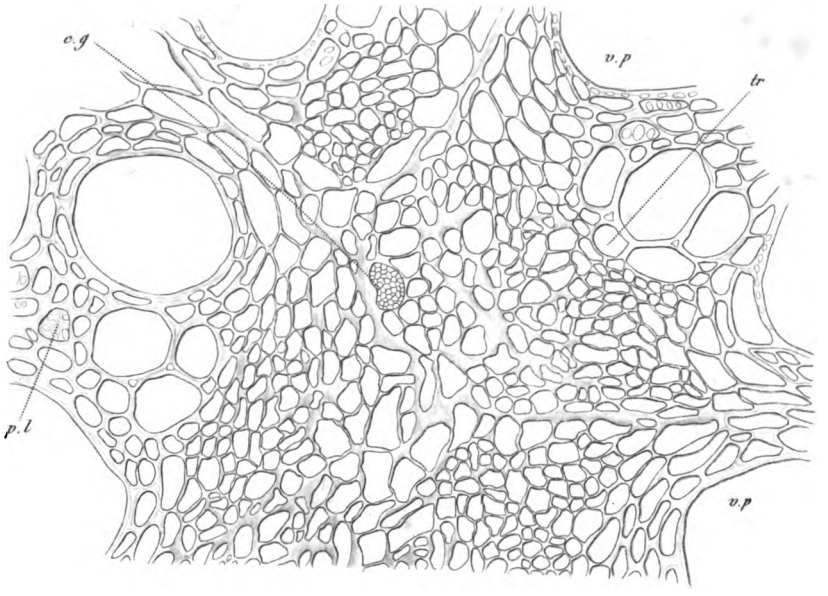
Anatomie comparée de l'Ecorce.

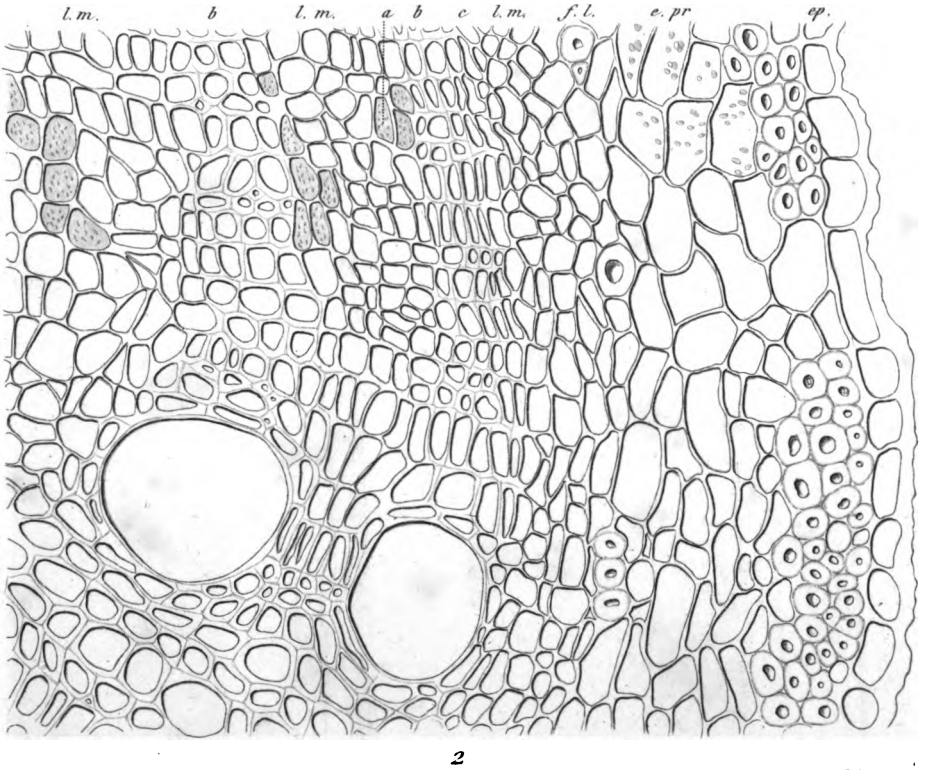
Imp. A. Salmon, r. Vieille Estrapade, 15. Paris.

Digitized by Google

Digitized by Google

1





2

J.V. del. Pierre sc.

Anatomie comparée de l'Ecorce.

Imp. A. Salmon, r. Vieille Estrapade, 15, Paris.

Digitized by Google

Digitized by Google

a 4

Digitized by Google

PARIS. — IMPRIMERIE DE E. MARTINET, RUE MIGNON, 2

Digitized by Google

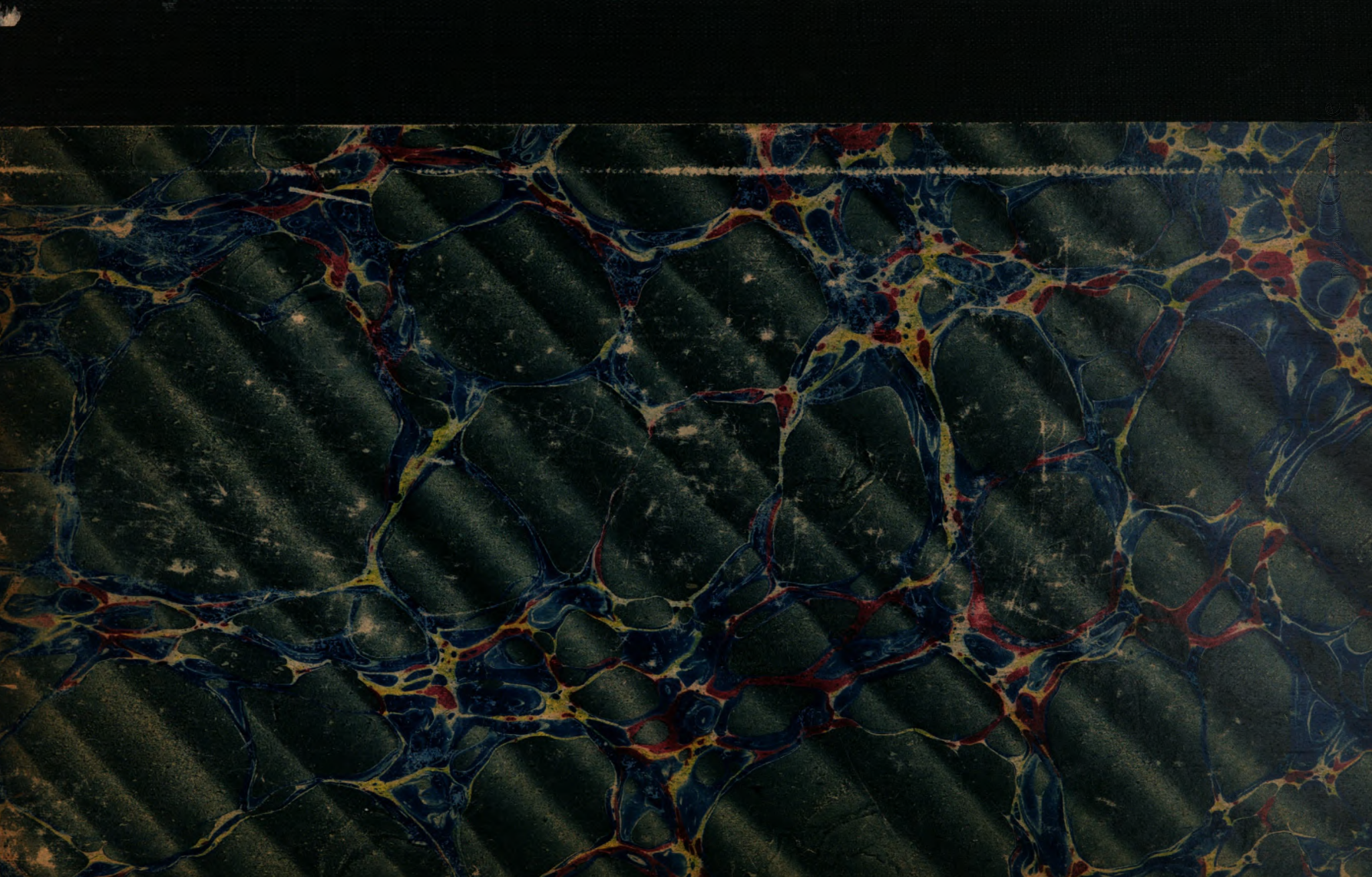
Digitized by Google

Digitized by Google

Return this book on or before the last
date stamped below

DEC 2 1963
DEC 2 1963
DEC 2 1963

Library

J. HOLZER
BINDER
BOSTON, MASS

Digitized by Google